DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zwölfter Jahrgang. 25. Januar 1924. Heft 4.

Vererbung und Entwicklungsmechanik[1]).

Von H. Spemann, Freiburg i. Br.

Dem Begriff „Vererbung" haften Schwierigkeiten an, die sich aus seiner Geschichte erklären. Er stammt, wie so mancher andere wissenschaftliche Begriff, aus dem vorwissenschaftlichen Denken und trägt die Spuren davon noch an sich. Man erbt von seinen Vorfahren Hab und Gut; dabei werden scharf umschriebene Dinge von einer Person auf eine andere übertragen. So erbt man von ihnen auch körperliche und geistige Eigenschaften. Auch hier liegt die Vorstellung zugrunde, daß ein Individuum von einem anderen etwas überliefert erhält, daß es auch ohne die ererbte Eigenschaft da wäre, nur eben um sie ärmer. Daß es nach unseren heutigen Anschauungen nicht die fertige Eigenschaft ist, etwa die Farbe der Haare, der Wuchs des Körpers, die eigentümliche Angewohnheit, was vererbt wird, sondern nur die Anlage zu dem allem, tut in diesem Zusammenhang nichts zur Sache; das Wesentliche ist hier nur, daß eine einzelne Eigenschaft herausgegriffen und der Gesamtheit aller übrigen, *welche das Individuum konstituieren*, gegenübergestellt wird. Nur dabei hat der Begriff Vererbung seinen ursprünglichen, eigentlichen Sinn; wenn man dagegen von der Gesamtheit aller Eigenschaften spricht, verliert er ihn. So paradox es klingt: man kann von *jeder einzelnen* Eigenschaft sagen, das Kind habe die Anlage zu ihr von seinen Vorfahren geerbt, nicht aber von ihrer *Gesamtheit*; denn da es eben selbst der Inbegriff dieser Eigenschaften ist, so hieße das so viel, als wenn man sagen wollte, das Kind habe die Anlage zu sich selber geerbt.

Hier geht der Begriff der *Vererbung* über in den Begriff der *Entwicklung*. Die Frage lautet: wie geht es zu, daß einzelne Zellen oder Zellgruppen eines Organismus sich unter Wachstum und Differenzierung zu einem neuen Organismus entwickeln, welcher demjenigen gleicht, von welchem jene Zellen oder Zellgruppen direkt oder indirekt stammen? Die Lösung dieses Problems ist aber gerade die Aufgabe, welche die *Entwicklungsmechanik* sich gestellt hat. Darzulegen, was in dieser Richtung bisher geleistet worden ist, das wäre demnach das, was ich jetzt zu tun hätte.

Das ist selbstverständlich unmöglich. Meine Aufgabe, über *„Vererbung und Entwicklungsmechanik"* zu reden, muß enger gemeint sein. Sie besteht wohl darin, zwischen der Erblichkeitslehre, wie sie seit 2½ Jahrzehnten im Anschluß an die Entdeckung *Mendels* betrieben wird, und der Entwicklungsmechanik, wie sie sich seit etwa 4 Jahrzehnten ausgestaltet hat, Beziehungen herzustellen, oder besser, auf solche Beziehungen, die bewußt oder unbewußt schon bestehen, die Aufmerksamkeit hinzulenken.

Auch so ist meine Aufgabe groß genug und erforderte eigentlich einen Forscher, der sich auf beiden Gebieten schaffend betätigt hat und in Zoologie und Botanik gleichermaßen zu Hause ist. Wenn ich sie also mehr von der Seite des Entwicklungsmechanikers her und rein als Zoologe anfasse, mich auf einige wenige Beispiele beschränke und unter diesen solche bevorzuge, in denen ich eigene Erfahrungen habe, so bitte ich darin nicht eine Überschätzung meines engeren Arbeitsgebietes, sondern nur das Bewußtsein meiner Grenzen zu erblicken.

Von den Problemen, an deren Bearbeitung die entwicklungsphysiologische Forschung entscheidenden Anteil genommen hat und an denen sich die Eigenart ihrer Methoden klar darlegen läßt, steht wohl, auch historisch, in erster Linie die Frage nach der *Lokalisation der Erbanlagen.* Sie hat sich zugespitzt zu der Frage nach der Rolle von Kern und Protoplasma bei der Entwicklung. Diese Frage ist schon öfters und so auch gestern wieder eingehend behandelt worden und soll uns jetzt im wesentlichen nur in methodischer Hinsicht beschäftigen, als ein besonders klares Beispiel dafür, wie das Bastardierungsexperiment, das Werkzeug der Mendelforschung, und der Defektversuch, eines der wichtigsten Hilfsmittel der Entwicklungsmechanik, zusammenarbeiten können.

Es sind zunächst bekannte Dinge, an die ich nur kurz erinnern will. *Nägeli* (1884) hatte auf Grund theoretischer Erwägungen in der Zelle eine Substanz postuliert, welche ihre Eigenart bestimmen sollte, und ihr den Namen *Idioplasma* gegeben. Im selben Jahre stellte *O. Hertwig* (1884) den Satz auf, dieses Idioplasma sei im Kern der Zelle enthalten. Er begründete dies mit den beiden Tatsachen, daß einerseits im Kinde die Eigenschaften des Vaters mit gleicher Stärke zum Vorschein kommen können wie die Eigenschaften der Mutter, obwohl doch das Spermatozoon hinter dem Ei ganz außerordentlich an Größe zurückbleibt, und daß andererseits die von beiden Eltern stammenden Kerne, der männliche und der weibliche Vorkern, sich in Größe und sichtbarer

[1]) Zweiter allgemeiner Vortrag, gehalten auf der 3. Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für Vererbungswissenschaft, München, September 1923.

Struktur vollkommen entsprechen. Diese Hypothese suchte nun *Boveri* (1889) durch sein berühmtes Experiment zu beweisen. Er fragmentierte durch Schütteln die Eier einer Seeigelart (Sphaerechinus) und befruchtete Bruchstücke, die er für kernlos hielt, mit dem Samen einer anderen Art (Echinus). Die erzielten Larven glichen rein dem Vater; es waren also mit dem mütterlichen Kern auch die Eigenschaften der Mutter verschwunden.

Methodisch betrachtet ist dieses Experiment, wie gesagt, ein typischer Defektversuch mit Beobachtung der Ausfallserscheinungen; der Teil, in welchem man die Ursache einer Erscheinung vermutet, wird entfernt, und geprüft, ob danach die Erscheinung ausbleibt. In diesem Fall ist dies der Anteil der mütterlichen Eigenschaften am Gesamtbestand des Nachkommen. Damit er von den väterlichen unterschieden werden kann, muß bastardiert werden. Die Bastardierung spielt also methodisch dieselbe Rolle wie bei der Mendelschen Faktorenanalyse.

Noch eine andere methodologische Betrachtung läßt sich an das Experiment anknüpfen. Damit der Gedanke zu dem Boverischen Experiment überhaupt gefaßt werden konnte, mußten zuvor Überlegungen wie die von *O. Hertwig* oder ähnliche angestellt werden; diese gründeten sich auf reine Beobachtung dessen, was in der Natur auch ohne absichtlichen experimentellen Eingriff vorkommt. Das wird immer so sein und darin besteht die unersetzliche Bedeutung, welche möglichst sorgfältige und möglichst ausgedehnte reine Beobachtung auch für die kausale Forschung immer haben werden. Der wirkliche Beweis eines ursächlichen Zusammenhangs aber kann nur durch das analytische Experiment erbracht werden, und deshalb betrachtet der kausal-analytisch arbeitende Forscher alles andere als Vorarbeit seines eigentlichen Geschäfts.

Damit erhalten Bestrebungen, wie sie neuerdings *V. Häcker* (1918) unter dem Namen *Phänogenetik* oder *entwicklungsgeschichtliche Eigenschaftsanalyse* zusammenfaßt, ihre volle Würdigung, aber auch ihre richtige Einordnung. Logisch betrachtet stehen sie durchaus auf der Stufe von *O. Hertwigs* Überlegungen, welche zu dem Boverischen Experiment geführt haben; sie bilden zwar nicht, wie *V. Häcker* will, einen selbständigen Zweig der Entwicklungsmechanik, wohl aber die unentbehrliche Vorstufe jeder weiteren kausal-analytischen Arbeit. Daraus folgt schon der Wert, der ihnen zukommt; doch liegt er weniger in der Neuheit der Fragestellung oder Methode, als in der Wahl der Untersuchungsobjekte aus dem aktuellen Interessenkreis der Mendelforschung.

Sachlich betrachtet hat sich das Boverische Experiment bekanntlich als ein Irrtum herausgestellt, den man wohl als tragisch bezeichnen darf. Wie *Boveri* (1918) selbst in seiner letzten, nach seinem Tode veröffentlichten Arbeit mitteilt, besaßen die für kernlos gehaltenen Eifragmente, welche sich nach Bastardierung zu Larven entwickelten, in Wirklichkeit einen Eikern; er war nur durch das Schütteln vorübergehend zum Verschwinden gebracht worden. Die wirklich eikernlosen Fragmente aber hatten nicht die Fähigkeit, sich mit dem artfremden Spermakern zu einer Larve zu entwickeln.

Auch abgesehen von dieser Schwierigkeit, welche durch andere Kombinationen überwunden werden könnte, möchte es scheinen, als sei das Boverische Experiment durch den weiteren Fortgang der Forschung überholt. Eine Zeit, welche damit beschäftigt ist, nach der genialen Morganschen Konzeption dem einzelnen Erbfaktor seinen Platz im einzelnen Chromosom anzuweisen, scheint über die viel allgemeinere Frage hinaus zu sein, ob die Erbfaktoren im Kern oder im Protoplasma lokalisiert sind. Aber wenn man aus Erfahrung weiß, welche Überraschungen man bei Experimenten erleben kann, deren Ausfall mit Sicherheit vorauszusehen schien, wird man es begrüßen, daß sich die Möglichkeit zu bieten scheint, den experimentellen Gedanken *Boveris* an anderem Material zu verwirklichen.

Das Boverische Experiment gründet sich technisch auf die von *O.* und *R. Hertwig* entdeckte Möglichkeit, kernlose Eifragmente zu befruchten. Die Fähigkeit der Eier zu solcher merogonischer Entwicklung ist selbstverständliche Voraussetzung für das Gelingen des Versuchs auch an anderem Material. Amphibieneier bieten sich dazu als geeignete Objekte an.

Das Nächstliegende wäre, in engem Anschluß an die Hertwig-Boverische Methode an dem aus dem Uterus entnommenen Ei den Kern operativ zu entfernen und dann das Ei zu befruchten. Ich erinnere mich noch gut, wie lebhaft sich *Boveri* anläßlich anderer Versuche von mir für den hellen Fleck mit dem ersten Richtungskörper in der Mitte interessierte, der am frisch abgelegten oder aus dem Uterus entnommenen Amphibienei die Stelle bezeichnet, wo dicht unter der Oberfläche der in Bildung begriffene Eikern liegt. Unveröffentlichte Versuche von mir, aus dem Uterus entnommene Tritoneier zu entkernen und dann zu befruchten, hatten aber keinen Erfolg.

Natürlich abgelegte Eier der geschwänzten Amphibien sind bekanntlich befruchtet, doch nimmt die Kopulation von Eikern und Spermakern so viel Zeit in Anspruch, daß es möglich ist, den zunächst noch oberflächlich gelegenen Eikern operativ zu entfernen. Das haben jüngst *V. Jollos* und *T. Péterfi* (1923) an Axolotleiern ausgeführt, aber auch sie mit negativem Erfolg; es trat wohl eine in anderer Hinsicht interessante unregelmäßige Zerteilung des Eiplasmas ein, aber keine normale Entwicklung.

Bessern Erfolg hatte *P. Hertwig* (1922) mit einer Methode, welche sich auf die von *O. Hertwig* entdeckte Wirkung der Radiumstrahlen auf das Chromatin gründet und zuerst von *G. Hertwig*

(1911) zur Entkernung von Amphibieneiern verwendet wurde. Eikernlose Froscheier konnten nach *homospermer* Befruchtung 11 Tage alt werden, Kröteneier etwa 14 Tage; länger lebten Keime von Triton taeniatus, aber auch nur bis zum Verbrauch des Dotters, etwa 22 bis 27 Tage. Beträchtlich kürzer war das Leben der eikernlosen *Bastarde.* Keime von Fröschen und Kröten in verschiedenen Kombinationen kamen bis zum Beginn der Gastrulation und starben am 2.—3. Tage; Bastarde mit Triton taeniatus als Mutter, Triton cristatus oder palmatus als Vater lebten und entwickelten sich zwar beträchtlich länger, aber auch nur höchstens 18 Tage lang.

Noch keineswegs völlig befriedigend, aber doch günstiger waren bisher die Ergebnisse bei der von mir angewandten Methode der Durchschnürung von Tritoneiern unmittelbar nach der natürlichen Ablage oder kurz nach der künstlichen Befruchtung (1914). Es entwickeln sich dann beide Eihälften (Fig. 1 und 2), die eine mit dem Eikern und einem Spermakern, die andere eikernlose mit einem der überzähligen Spermakerne, welche sich infolge der physiologischen Polyspermie fast immer vorfinden. Beide Hälften entwickeln sich langsamer als ein normales Ei, was zweifellos mit ihrer geringeren Größe und der damit verknüpften Änderung physikalischer Bedingungen zusammenhängt. Außerdem aber entwickelt sich die haploide Hälfte von Anfang an langsamer als die diploide (Fig. 3). Wenn die Pigmentzellen deutlich werden, läßt sich an ihnen die verminderte Zellgröße der haploiden Hälfte ohne weiteres erkennen (Fig. 4—6). *Fr. Baltzer* (1920, 1922), der diese Versuche aufnahm, hat in einem Fall eine solche haploide Larve bis zur Metamorphose gebracht. Dementsprechend war auch die Entwicklungsfähigkeit *bastardierter* eikernloser Eihälften größer als bei den bestrahlten Eiern, bei einigen Kombinationen sogar so gut, daß zu hoffen ist, bei fortgesetzten Versuchen die Larven bis zu Stadien zu bringen, in denen spezifische Unterscheidungsmerkmale sichtbar werden. Auch diese Untersuchungen liegen jetzt in den bewährten Händen *Fr. Baltzers.*

Auch die experimentelle Verschiebung nach der väterlichen oder mütterlichen Seite, die Erzeugung patrokliner und matrokliner Larven nach *C. Herbst, Th. Hinderer, O. Köhler* und anderen wurde zur Frage nach dem Sitz der Erbfaktoren in Beziehung gesetzt; doch will ich mich mit diesem Hinweis begnügen und mich zu einer neuen Frage wenden, bei deren Lösung die Entwicklungsphysiologie mitgearbeitet hat, zur Frage nach *der Natur der Erbfaktoren.*

Als *Mendel* seine große Entdeckung machte, war vom feineren Bau des Kerns noch nichts bekannt und der Gedanke, daß er bei der Vererbung eine besondere Rolle spielen könnte, war noch nicht aufgetaucht. Aber auch *Mendels* Nachfolger arbeiteten lange Zeit und tun es zum Teil noch jetzt, ohne sich um die zytologischen Grundlagen der Vererbungserscheinungen zu kümmern. Der Erbfaktor, das Gen, ist ihnen eben das, was in der Keimzelle weiter gegeben die Entstehung der von ihm abhängigen Eigenschaften bewirkt. Es ist vielleicht kein Zufall, daß genauere Vorstellungen über die *Natur der Erbfaktoren* und die Art ihrer Wirksamkeit vor allem von Forschern versucht wurden, welche die Verbindung der rein physiologischen Betrachtungsweise mit den Ergebnissen morphologischer Forschung anstrebten. Grundlegend und keineswegs in allen wesentlichen Punkten veraltet sind hier die Anschauungen, welche *August Weismann* (1892) entwickelt hat.

Weismann postuliert bekanntlich für jede Eigenschaft des Organismus, die unabhängig von den anderen variieren kann, eine selbständige Anlage im Keimplasma, welche er *Determinante* nennt. Darin unterscheidet sich seine Lehre sowohl ihrem Inhalt wie ihrer Begründung nach nicht wesentlich von den heute herrschenden Anschauungen. Diese Determinanten sind in äußerst komplizierter Anordnung in der Länge des Chromosoms aneinander gereiht. Auch das entspricht den neuesten Vorstellungen; eine faktorentopographische Chromosomenkarte *Morgans* mutet an wie ein mit konkretem Inhalt ausgefülltes Weismannsches Schema. Ihrer Natur nach sind *Weismanns* Determinanten Lebenseinheiten niederster Stufe mit der Fähigkeit zu wachsen und sich zu teilen, und ihre Wirkung besteht darin, daß sie den Zellen, in welche sie im geregelten Verlauf der Kernteilungen gelangen, einen bestimmten Charakter aufprägen, der nicht etwa nur in einer bestimmten histologischen Differenzierung bestehen kann, sondern auch in einem bestimmten Tempo des Wachstums, einer bestimmten Richtung der Zellteilung und ähnlichem. Hier liegt bei mancher Verwandtschaft der Unterschied gegen unsere heutigen Vorstellungen, der im letzten Grunde damit zusammenhängt, daß *Weismann* extremer Evolutionist war, während wir zu mehr epigenetischen Vorstellungen zurückgekehrt sind. Nach *Weismann* ist die Determinante so, wie sie nachher in der einzelnen Zelle aktiv wird, schon im Keimplasma der befruchteten Eizelle enthalten, nur in Verbindung mit zahllosen anderen; während der Entwicklung wird sie nach und nach isoliert und gelangt infolge einer bis ins kleinste gesetzmäßig geregelten Zerlegung im Lauf der Zellteilung schließlich an ihren richtigen Ort im Organismus, wo sie ihre Wirkung entfaltet. Nach unserer heutigen Auffassung ist dasjenige, was in der Keimzelle als Erbfaktor übertragen wird, und das, was schließlich im gegebenen Augenblick die Außeneigenschaft hervorruft, nicht ein und dasselbe, sondern Anfang und Ende einer langen Reihe von Entwicklungsstufen, die durch ein kompliziertes Netz von Wechselwirkungen miteinander zusammenhängen.

Von dieser ursächlich verknüpften Reihe, die vom Erbfaktor zur Außeneigenschaft führt, sucht *Goldschmidt* wenigstens die beiden äußersten Punkte zu bestimmen in seiner neuen *Enzym-Hormontheorie.* Ich will sie innerhalb der mir gesteckten Grenzen etwas ausführlicher behandeln, nicht nur wegen ihres hervorragenden und ganz aktuellen Interesses, sondern vor allem auch deshalb, weil sie ausgesprochenermaßen die Verknüpfung von Mendelforschung und Entwicklungsphysiologie anstrebt, also recht eigentlich zum Gegenstand dieses Vortrags gehört.

Goldschmidt gewann seine allgemeinen Anschauungen über das Wesen der Vererbung aus einer Analyse des spezielleren Problems der Geschlechtsbestimmung. Diese Anschauungen sind von ihm in zwei größeren Schriften (Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung 1920 und: Die quantitativen Grundlagen der Vererbung 1920) zusammenfassend dargestellt worden. Ihnen folge ich, indem ich jedoch die Glieder der Beweisführung etwas anders anordne, als es von *Goldschmidt* geschehen ist.

Die erste Gruppe von Tatsachen, auf welche die Theorie sich gründet, sind die Experimente über den Einfluß der männlichen und weiblichen Geschlechtsdrüse auf die Entwicklung der sekundären Geschlechtsmerkmale. Ein Teil dieser Erscheinungen ist ja schon lange und allgemein bekannt, da seit alten Zeiten Haustiere männlichen Geschlechts kastriert werden; man braucht nur an den Unterschied zwischen einem Stier und einem Ochsen zu erinnern, welch letzterem mit den Hoden auch die spezifisch männlichen Charaktere des Körperbaues und der Instinkte abhanden gekommen sind. Es ist das ein typischer Defektversuch mit Beobachtung der Ausfallserscheinungen. Bei den planmäßig angestellten wissenschaftlichen Experimenten wurde nun bekanntlich die Wegnahme der männlichen oder weiblichen Gonade kombiniert mit Einpflanzung einer Gonade des entgegengesetzten Geschlechts. Von den Versuchen dieser Art lieferten das klarste Ergebnis diejenigen von *Steinach,* welche ja allgemeinstes Aufsehen erregten. Wenn einem jungen männlichen Meerschweinchen die Hoden entfernt und dafür Ovarien eingepflanzt werden, so entwickelt sich das „feminierte" Tier in weiblicher Richtung weiter; das Fell wird feiner, die Milchdrüsen bilden sich aus bis zur Funktionstüchtigkeit, die Instinkte werden weiblich und ebenso das geschlechtliche Verhältnis zu den Männchen. Diese tiefgreifenden Wirkungen werden vermittelt durch Stoffe, welche von einem Bestandteil der Geschlechtsdrüse produziert und durch den Säftestrom im ganzen Körper verteilt werden; also ein Spezialfall der weit verbreiteten Hormonwirkung.

Bei diesen Experimenten wirken die Hormone nur auf die sekundären Geschlechtscharaktere, denn der primäre, die männliche oder weibliche Beschaffenheit der Geschlechtsdrüsen, ist ja bei der Kastration und Transplantation schon vorhanden. Daß aber auch diese hormonisch bewirkt werden kann, folgt mit großer Wahrscheinlichkeit aus dem merkwürdigen Verhalten, welches Zwillinge des Rindes gelegentlich zeigen. Wenn diese nämlich nicht gleichen Geschlechtes sind, also nicht zwei Stierkälber oder zwei Kuhkälber, so ist in der Regel nur das Stierkalb normal, während das Kuhkalb männliche Charaktere beigemischt enthält. Dabei entwickeln sich in der ursprünglich weiblichen Gonade Samenkanälchen. Man nennt diese sexuell abnormen Zwillinge in Österreich und der Schweiz „Zwicken". Solche Zwicken wurden ziemlich gleichzeitig und unabhängig von *Keller* und *Tandler* in Österreich und *Lillie* in Amerika untersucht und dabei festgestellt, daß ihr fötaler Kreislauf von frühesten Stadien an mit dem des anderen Zwillings durch eine Gefäßanastomose zusammenhängt, welche bei normaler Ausbildung des weiblichen Zwillings fehlt. Die sexuelle Abnormität des ursprünglich weiblichen Zwillings wird also darauf zurückgeführt, daß er von frühen Stadien an vom männlichen Zwilling, der in der Hodenentwicklung etwas voraus ist, mit männlichen Hormonen durchspült wird.

Um dieses Naturexperiment nachzuahmen, müßte man Objekte wählen, die sich außerhalb des mütterlichen Körpers entwickeln, also dem operativen Eingriff von Anfang an zugänglich sind, z. B. Amphibien, und unter diesen solche Formen, welche wie die Tritonen frühzeitig eine scharfe geschlechtliche Differenzierung zeigen. Man müßte etwa die rechte und die linke Hälfte eines solchen Keimes vereinigen, wobei nach Zufall auch Hälften verschiedenen Geschlechts zusammenkommen werden, und müßte sehen, ob manchmal die eine Hälfte oder vielleicht auch alle beide Abnormitäten im Bau der Gonade aufweisen. Dieses Experiment ist von mir ausgeführt worden (vgl. Naturwissenschaften Bd. 7, S. 590); es wird interessant sein, welches Ergebnis die genauere Untersuchung in der eben angedeuteten Richtung zeitigen wird.

Um nach dieser Abschweifung auf den Hauptgedankengang zurückzukommen, so ist also experimentell erwiesen, daß bei manchen Tieren die männlichen und weiblichen Charaktere sich unter dem Einfluß innerer Sekrete, die im Körper kreisen, demnach als Hormone bezeichnet werden, aus einer indifferenten Anlage entwickeln.

Mit derselben Sicherheit ist aber auch erwiesen, daß nicht alle Tiere sich so verhalten. Das zeigen die ausgedehnten und sorgfältigen Defekt- und Transplantationsversuche, welche namentlich *Meisenheimer* (1909) im Anschluß an ähnliche Versuche früherer Autoren am Schwammspinner, Lymantria dispar, ausführte. Man kann bei einer jungen weiblichen Raupe die Ovarien entfernen und durch die Hoden einer männlichen Raupe ersetzen; der daraus entstandene Schmetterling behält seine männlichen sekundären Geschlechts-

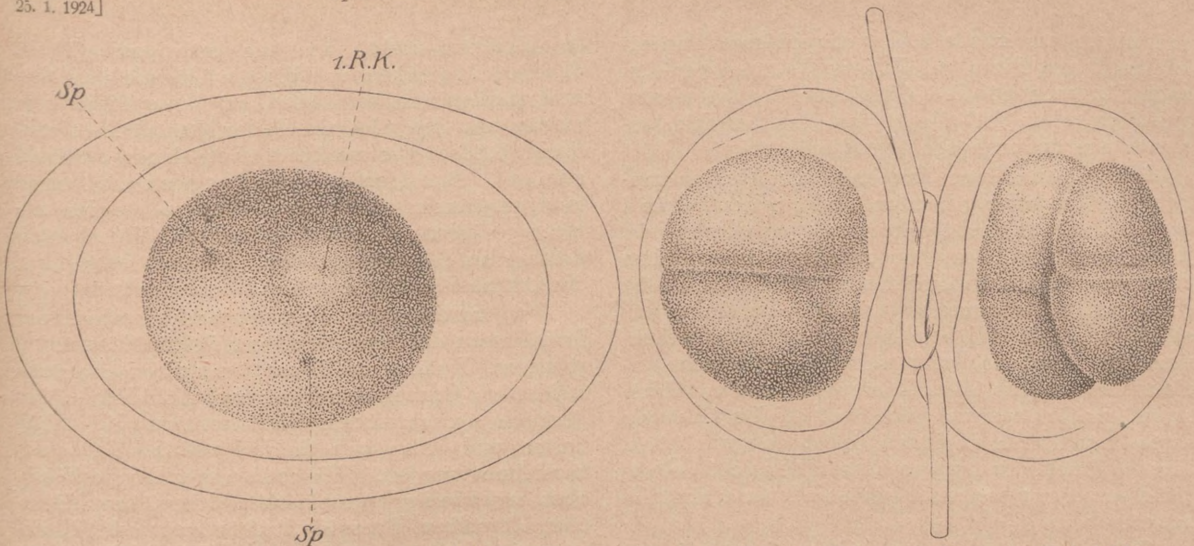


Fig. 1. Ei von Triton taeniatus in seiner Hülle. Sp. Eintrittsstelle eines Spermiums. 1. R. K. erster Richtungskörper, gibt die Lage des Eikerns an. Vergr. 30 ×.

Fig. 2. Ei von Triton taeniatus in Entwicklung, 7 Stunden nach künstlicher Befruchtung, 6 Stunden nach Zerschnürung; rechte Hälfte diploid, linke Hälfte haploid. Vergr. 30 ×.

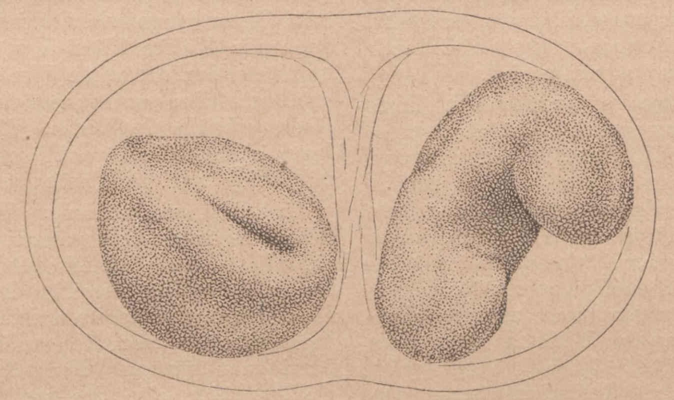


Fig. 3. Derselbe Keim, $3^1/_2$ Tage später; rechts der diploide Embryo mit Anlage von Kopf und Schwanz; links der haploide Embryo, Medullarwülste vorne noch nicht ganz geschlossen. Vergr. 30 ×.

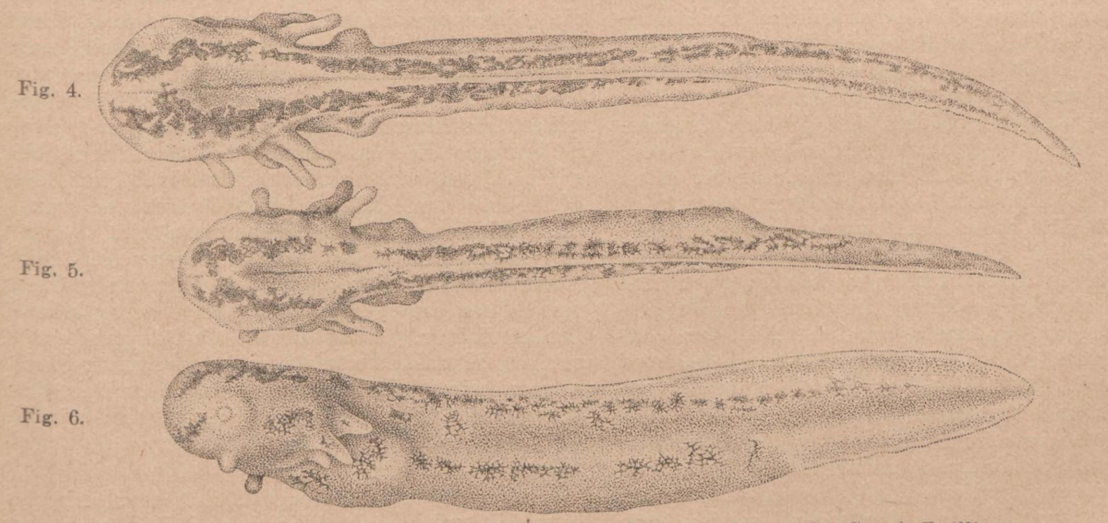


Fig. 4—6. Diploider und haploider (vom Rücken und von der Seite) Zwillingskeim von Triton taeniatus (1913, 1), nach annähernd medianer Durchschnürung des Eies kurz nach der Befruchtung entstanden. Vergr. 28 ×.

charaktere unverändert bei, obwohl sein Hinterleib prall mit Eiern gefüllt ist. Ja, man kann in noch jüngeren Stadien die Zellen der Keimbahn zerstören, ohne daß die sekundären Geschlechtscharaktere dadurch beeinflußt würden.

Man hätte dieses Ergebnis mit Wahrscheinlichkeit voraussagen können, und zwar auf Grund der bei Insekten nicht seltenen *Gynandromorphen,* jener eigentümlichen Abnormitäten, bei welchen der Körper aus männlichen und weiblichen Teilen mosaikartig zusammengesetzt ist. Da diese verschiedengeschlechtlichen Teile unabhängig nebeneinander bestehen, mit scharfen Grenzen aneinander stoßend, obwohl sie vom selben Säftestrom ernährt worden sind, muß die Bestimmung ihres Geschlechts in ihnen selbst gelegen haben, ihre Entwicklung muß in dieser Hinsicht Selbstdifferenzierung genetisch verschiedener Keimteile gewesen sein.

Goldschmidt stellt nun die Hypothese auf, daß es auch hier ein männliches und weibliches Hormon sei, welches die geschlechtlich verschiedene Differenzierung bewirkt; ein Hormon jedoch, das in allen Zellen des Körpers selbständig entsteht, nicht in einem zentralen Organ erzeugt und durch den Kreislauf im Körper verteilt wird.

Die formativen Hormone gleichen in ihrer Wirkung den Weismannschen Determinanten, nicht aber nach ihrer Herkunft; denn während die Determinanten schon als solche im Keimplasma enthalten sind, also unseren Erbfaktoren oder Genen entsprechen, entstehen die formativen Hormone erst im Lauf der Entwicklung. Dabei ist nicht jedem formativen Hormon ein Erbfaktor zugeordnet, vielmehr werden meist mehrere Erbfaktoren nacheinander an der Bildung eines Hormons beteiligt sein.

Es ist nun für die Goldschmidtsche Anschauung charakteristisch, daß die in den Chromosomen lokalisierten Erbfaktoren relativ einfache Dinge sind, nämlich chemische Verbindungen von der Art der *Enzyme.* Danach wäre die Kompliziertheit der einzelnen formativen Reaktion nur zum kleinen Teil im Erbfaktor begründet, zum weitaus größeren Teil in dem „spezifischen Substrat“, auf welches er einwirkt, also wohl im Protoplasma. Deswegen könnte der Kern doch seine führende Rolle behalten, denn das Substrat hätte diese seine komplizierte spezifische Beschaffenheit durch vorhergehende Reaktionen mit anderen Erbfaktoren, d. h. also auch Enzymen, erhalten, und zwar nicht erst von der Befruchtung an, sondern schon früher bei der Entwicklung des spezifischen Eibaues (Quant. Grundl. S. 32). Hier liegen wohl keine grundsätzlichen Schwierigkeiten.

Die enzymatische Natur der Erbfaktoren wurde von *Goldschmidt* zunächst aus der Erwägung heraus postuliert, „daß Substanzenfaktoren, die in Chromosomen übertragen werden, ein außerordentlich geringes Volumen einnehmen müssen, das in keinem Verhältnis zu dem Maß des Effektes steht, den sie bedingen“ (Mech. S. 92). Abgesehen von diesem Grunde, auf den zurückzukommen sein wird, ist diese Hypothese so eng mit den übrigen Teilen der Theorie verflochten, daß wir zunächst diese kennen lernen müssen. Die hierfür grundlegenden und auch sonst ungemein wichtigen Tatsachen wurden zutage gefördert in den bekannten Vererbungsstudien an Schmetterlingen. Ich will versuchen, die entscheidenden Punkte herauszuheben.

Bei bestimmten Kreuzungen verschiedener Lokalrassen des schon oben erwähnten Schwammspinners, Lymantria dispar, entstehen Formen, welche als Ganzes betrachtet zwischen den beiden deutlich verschiedenen Geschlechtern die Mitte halten und daher von *Goldschmidt* als *Intersexe* bezeichnet werden. Während also z. B. die Weibchen irgendeiner europäischen Rasse, von Männchen derselben Rasse befruchtet, normale Nachkommenschaft erzeugen, zur Hälfte Männchen, zur Hälfte Weibchen, und dasselbe für die Weibchen und Männchen einer japanischen Rasse gilt, liefern jene selben europäischen Weibchen, mit diesen japanischen Männchen gekreuzt, zwar auch zur Hälfte Männchen, welche normal sind, an Stelle der normalen Weibchen aber solche mit größerem oder geringerem männlichen Einschlag, also *weibliche Intersexe.* Bei gewissen anderen Kombinationen treten Männchen mit weiblichem Einschlag auf, also *männliche Intersexe.*

Bei Lymantria dispar ist, wie bei anderen Schmetterlingen, das männliche Geschlecht homogametisch, das weibliche Geschlecht heterogametisch; es werden also nur einerlei Art von Spermien erzeugt, dagegen zwei Arten von Eiern, die man kurz als männlich und weiblich disponiert bezeichnen könnte. Nach Analogie mit anderen Fällen hätte also das weibliche Geschlecht ein x-Chromosom, das männliche deren zwei. Diese drei x-Chromosomen sind untereinander gleich; die beiden des Männchens, weil nur *eine* Sorte von Spermien erzeugt wird, das des Weibchens, weil es vom Männchen herstammt. Wenn nun die x-Chromosomen überhaupt etwas mit der Geschlechtsbestimmung zu tun haben und zwei x-Chromosomen das männliche Geschlecht bestimmen, so muß auch das x-Chromosom des Weibchens auf Männlichkeit hinwirken; wenn diese Wirkung nicht in Erscheinung tritt, so wird das daher kommen, daß sie überwogen wird durch einen Weiblichkeitsfaktor, der demnach stärker ist als der im x-Chromosom lokalisierte Männlichkeitsfaktor. Erst durch Zuführung eines zweiten Männlichkeitsfaktors im zweiten x-Chromosom wird die Richtung auf Männlich das Übergewicht erlangen. Weiblich ist also *stärker* als *ein* Männlich, aber *schwächer* als *zwei* Männlich.

Das besagt nun schon, daß in jedem befruchteten Ei, welches ein Weibchen liefert, auch der Faktor für die Bestimmung des anderen, des männlichen Geschlechts enthalten ist, nur nor-

malerweise zu schwach, um gegen den Weiblichkeitsfaktor aufzukommen. Dasselbe beweisen die intersexuellen Weibchen mit ihrer verschieden starken Beimischung männlicher Charaktere. Andererseits zeigen die intersexuellen Männchen, denen weibliche Charaktere beigemischt sind, daß auch die männlich bestimmten Eier einen Weiblichkeitsfaktor enthalten, der nur normalerweise zu schwach ist, sich neben dem in der männlichen Konstitution gegebenen doppelten Männlichkeitsfaktor zur Geltung zu bringen.

Wenn dies nun aber bei jenen Kreuzungen anders ist, wenn aus einem weiblich disponierten Ei eines europäischen Weibchens, befruchtet mit dem Sperma eines japanischen Männchens, ein Intersex hervorgeht, wenn also der japanische Männlichkeitsfaktor auch in der einfachen Menge gegen den europäischen Weiblichkeitsfaktor aufkommt, so muß er stärker sein als der europäische Männlichkeitsfaktor, dem dies nicht gelingt. Und wenn er mit dem japanischen Weiblichkeitsfaktor zusammen normale Weibchen bewirkt, so muß auch der japanische Weiblichkeitsfaktor entsprechend stärker sein als der europäische. Auch alle möglichen anderen Kombinationen hatten das Ergebnis, welches sich aus der verschiedenen „*Valenz*" der Geschlechtsfaktoren „starker" und „schwacher" Rassen voraussagen ließ.

Es ist also ein quantitatives Verhältnis zwischen zwei miteinander konkurrierenden Faktoren, was über die Wirkung entscheidet.

Was ist nun aber quantitativ verschieden? d. h. was ist die Natur dieser miteinander konkurrierenden Faktoren? Die Beantwortung dieser Frage bildet den Kernpunkt der Goldschmidtschen Theorie; sie wird gegeben auf Grund der eigentümlichen Beschaffenheit der Intersexe.

Wenn oben gesagt wurde, die Intersexe nähmen „als Ganzes betrachtet" eine mittlere Stellung zwischen den beiden Geschlechtern ein, so sollte das heißen, daß nicht alle Teile einzeln dies tun; sie sind vielmehr, wenigstens im allgemeinen, entweder männlich oder weiblich. Die Intersexe zeigen also ein Mosaik aus männlichen und weiblichen Charakteren und ähneln darin jener anderen vorhin genannten Abnormität, den Gynandromorphen. Von diesen unterscheiden sie sich aber in einem Punkt von entscheidender Wichtigkeit. Während bei den Gynandromorphen die beiderlei Charaktere ohne irgendeine Gesetzlichkeit durcheinander gewürfelt sind oder wenigstens sein können, herrscht eine solche bei den Intersexen. Sie besteht darin, daß die Teile verschiedenen Geschlechts verschiedenen Zeiten der Gesamtentwicklung angehören. So beginnt ein weiblicher Intersex seine Entwicklung als Weibchen und führt sie weiblich weiter bis zu einem näher oder ferner liegenden Drehpunkt, an welchem die weibliche Ausbildung ganz unvermittelt in die männliche umschlägt. Alle Organe also, welche vor Erreichung des Drehpunktes determiniert sind, sind weiblich, alle später determinierten männlich.

Ein Intersex ist also nach *Goldschmidt* (Mech. und Phys. S. 90) ein Individuum, das sich bis zu einem gewissen Zeitpunkt als Weibchen (resp. Männchen) entwickelt hat und von diesem Drehpunkt an seine Entwicklung als Männchen (resp. Weibchen) vollendet. Das ansteigende Maß der Intersexualität ist ein Ausdruck der fortschreitenden Rückverlegung des Drehpunktes; der intersexuelle Zustand der einzelnen Organe ist bestimmt durch die zeitliche Lage ihrer Differenzierung vor oder nach dem Drehpunkt. Dies nennt *Goldschmidt* das Zeitgesetz der Intersexualität.

Da die erste Periode des weiblichen Intersexen rein weiblich ist, obwohl auch während dieser Periode der Männlichkeitsfaktor vorhanden, so folgt, daß dieser Faktor noch nicht wirksam ist; und ebenso muß während der zweiten, rein männlichen Periode der Weiblichkeitsfaktor seine Wirksamkeit verloren haben. Wenn man nun annimmt, daß nicht der Erbfaktor selbst wirkt, sondern ein unter seinem Einfluß entstandenes, formatives Hormon, so kann man jenen Wechsel der geschlechtlichen Differenzierung darauf zurückführen, daß während der ersten weiblichen Periode das männliche Hormon noch gar nicht oder noch nicht in der genügenden Menge gebildet ist, während der zweiten männlichen Periode dagegen das weibliche Hormon nicht mehr oder nicht mehr in der genügenden Menge vorhanden ist. Wenn man ferner annimmt, daß beide Erbfaktoren gleichzeitig aktiviert werden, so hat also beim weiblichen Intersexen der Weiblichkeitsfaktor rascher die wirksame Menge des weiblichen Hormons erreicht; aber ehe die Entwicklung abgeschlossen ist, wird er vom Männlichkeitsfaktor und dem von diesem produzierten männlichen Hormon überholt. Je später dies geschieht, um so geringer die Intersexualität; der Grenzfall ist die normale weibliche Entwicklung. Auch bei dieser würde also der Männlichkeitsfaktor, der im x-Chromosom enthalten ist, das männliche Hormon produzieren, aber so langsam, daß die ganze Entwicklung unter dem Einfluß des weiblichen Hormons abläuft. Durch Verstärkung des Männlichkeitsfaktors (bei Verwendung starker Rassen) wird die Produktion des männlichen Hormons beschleunigt, so daß es noch während der Entwicklung die wirksame Menge erreicht, und den Grenzfall bildet die normale männliche Entwicklung. Da nun am Anfang und am Ende dieser Reihe eine *Quantität* steht, nämlich die einfache und die doppelte Quantität des Männlichkeitsfaktors, der im einfachen oder doppelten x-Chromosom gegeben ist, so drängt sich der Schluß auf, daß auch die Zwischenstufen durch *Quantitäten* des Männlichkeitsfaktors bedingt sind, daß also die verschiedene Valenz der verschieden starken Rassen auf verschiedenen Quantitäten der Ge-

schlechtsfaktoren beruht. Und da diese Quantitäten nicht direkt wirken, sondern indirekt durch die Schnelligkeit, mit welcher sie die formativen Hormone produzieren, so ist damit ein wichtiger Anhaltspunkt gegeben, um sich bestimmtere Vorstellungen über die Natur der Geschlechtsfaktoren zu bilden. Als Stoffe, welche eine chemische Reaktion proportional ihrer eigenen Menge beschleunigen, kennen wir nun die *Enzyme*. Darauf gründet sich die Theorie, daß die Erbfaktoren quantitativ abgestufte Enzyme sind, welche die Hormone der Gestaltung produzieren.

Man kann nun diese Theorie auf verschiedene Weise fruchtbar machen. Man kann sie zunächst als richtig hinnehmen, die bekannten Tatsachen ihr einzugliedern suchen, neue Folgerungen aus ihr ziehen und diese durch neue Experimente auf ihre Richtigkeit prüfen. Das hat *Goldschmidt* in mehreren Schriften getan, und was ich Ihnen soeben darzulegen suchte, ist nur ein kleiner Ausschnitt aus der Fülle fruchtbarer Gedanken, welche jene Schriften enthalten. Man kann aber auch die Grundlagen der Theorie selbst zum Ausgangspunkt neuer Fragen und Versuche machen. Diese letztere Aufgabe liegt auf meinem Wege, als Folge der anderen mir durch das Thema meines Referats zugefallenen, die *logische Struktur* dieser kühnen und scharfsinnigen Theorie klarzulegen.

Die erste zu prüfende Position ist die Hypothese, daß die Ausgestaltung der sekundären Geschlechtscharaktere auf die Wirkung formativer Hormone zurückzuführen ist, und zwar überall, nicht nur bei Vögeln und Säugetieren, wo es erwiesen ist, sondern auch bei solchen Formen wie den Insekten. Der erklärende Wert dieser Hypothese liegt offensichtlich in der Vereinfachung, die damit gegeben ist, daß die beiden ähnlichen Erscheinungsreihen auf dieselbe Art von Ursache, die Wirkung formativer Stoffe, zurückgeführt werden, wobei der Unterschied in der Lokalisation der Ursache, hier Selbstdifferenzierung, dort abhängige Differenzierung, uns von anderen Entwicklungsprozessen her geläufig ist. Dagegen erscheint die Bezeichnung dieser formativen Stoffe als Hormone als eine Sache von sekundärer Bedeutung. Immerhin mag darauf hingewiesen sein, daß dadurch der bisherige Begriff des Hormons nicht unwesentlich verändert wird. Es dürfte sich empfehlen, die Bezeichnung Hormon der ursprünglichen Bedeutung des Wortes entsprechend den Stoffen vorzubehalten, welche an einer Stelle des Körpers entstehen, um an einer anderen zu wirken. Diese eigentlichen Hormone wären dann eine Unterart der formativen Stoffe, zu denen auch die am Ort ihrer Wirkung selbst entstehenden gehören würden.

Der zweite Punkt, der wohl einer Erörterung bedarf, ist die enzymatische Natur der Erbfaktoren. Zwar daß spezifische formative Stoffe entstehen unter dem Einfluß spezifischer Enzyme, welche während der Entwicklung in geordneter Reihenfolge in Wirksamkeit treten, macht der Vorstellung keine prinzipielle Schwierigkeit, wohl aber etwas anderes. Wie oben erwähnt, hatte *Goldschmidt* die Enzymnatur der Erbfaktoren auch daraus erschlossen, daß diese Erbfaktoren von außerordentlich geringer Größe sein müssen, um in ihrer ungeheuren Zahl nebeneinander im Chromosom Platz zu finden, von einer Größe, die in keinem Verhältnis zu dem Maße des Effekts steht, den sie bedingen. Dieser Forderung genügen die Enzyme, da sie sich bei ihrer Wirkung nicht aufbrauchen; wahrscheinlich deshalb nicht, weil sie immer ebensoviel ihrer Substanz neu bilden, als zersetzt wird. Dagegen vermögen sie sich *nicht* aus sich heraus zu *vermehren*; darin unterscheiden sie sich von der assimilierenden lebenden Substanz, mit welcher sie ja sonst eine gewisse Ähnlichkeit zu haben scheinen. Eine solche Substanzvermehrung müssen wir aber bei den Erbfaktoren annehmen, sonst würden sie im Lauf der Kernteilung in geometrischer Progression abnehmen, während sie doch zum mindesten in den Geschlechtszellen der aufeinander folgenden Generationen in immer gleicher Menge wieder auftreten müssen. Der Erbfaktor mag also immerhin ein Enzym oder seine Vorstufe enthalten, dieses muß aber ein Bestandteil (vielleicht der für die Vererbung wesentliche) eines komplizierteren Systems sein. Man könnte nun annehmen, daß das Enzym gerade derjenige Bestandteil ist, der im Chromosom lokalisiert nach den Mendelschen Regeln vererbt wird. Das würde heißen, daß die anderen Glieder des Systems im Protoplasma liegen, daß das Enzym vom Protoplasma erzeugt wird, um dann wieder aufs Protoplasma zurückzuwirken. Durch diese Annahme würde aber den Erbfaktoren die Selbständigkeit genommen, die wir ihnen seit *Weismanns* Keimplasmatheorie, und doch nicht ohne Grund, zuzuschreiben gewohnt sind. Ohne diese Selbständigkeit würde z. B. die Reinheit der Gameten eines Bastards schwer verständlich sein. Danach müßten also auch die anderen Glieder, welche mit dem angenommenen Enzym verbunden das System des Erbfaktors bilden, im Chromosom enthalten sein, es müßte mit anderen Worten der Erbfaktor eine Art lebendiger Einheit niedriger Stufe sein, befähigt zu wachsen und vielleicht auch sich zu teilen, wie das ja auch *Weismann* für seine Determinanten angenommen hat.

Von besonderem entwicklungsphysiologischem Interesse ist ein dritter Punkt der Goldschmidtschen Theorie. Nach ihr werden, wie wir gesehen haben, in einem weiblich bestimmten Ei beiderlei Geschlechtshormone nebeneinander gebildet, aber das weibliche von Anfang an im Überschuß, weil es infolge der größeren Konzentration des weiblichen Enzyms *schneller* gebildet wird. Wenn dieses Übergewicht des weiblichen Enzyms ein bestimmtes Minimum übersteigt, so behält das von ihm gebildete weibliche Geschlechtshormon seinen Vorsprung während der Dauer der Entwicklung

bei und das Individuum wird rein weiblich. Wird das Übergewicht des weiblichen Enzyms aber unter dieses „epistatische Minimum“ herabgedrückt, durch Einführung eines männlichen Enzyms von stärkerer Valenz, so wird das weibliche Hormon im Lauf der Entwicklung vom männlichen überholt, und genau von diesem Augenblick, dem Drehpunkt, an tritt männliche Entwicklung ein. Für das weibliche und männliche Hormon gibt es also nichts Derartiges wie ein epistatisches Minimum. Das neben dem weiblichen in geringerer Menge gebildete männliche Hormon bleibt wirkungslos bis zu dem Augenblick, wo es das weibliche überflügelt, und von diesem Augenblick an büßt nun das weibliche Hormon seine ganze Wirksamkeit ein, obwohl es neben dem männlichen weitergebildet wird. Diese Auffassung hängt nun offenbar ganz von der Genauigkeit der Feststellung ab, daß der Intersex ein Mosaik geschlechtlich verschiedener Körperregionen ist, *ohne Teile von intermediärer Beschaffenheit.* Eine solche lehnt *Goldschmidt* durchaus ab, beziehungsweise er erklärt auch Fälle, wo sie dem Anschein nach vorhanden ist, nach seiner Theorie des plötzlichen Umschlags. Trotzdem scheint mir dieser Punkt noch einer genaueren Prüfung wert zu sein, um so mehr, als gerade er, wie gesagt, von großem Interesse für den Entwicklungsphysiologen ist.

Von vornherein denkbar ist die Goldschmidtsche Vorstellung und die genaue Untersuchung nebst Experiment müssen entscheiden. Von besonderer Wichtigkeit können dafür die Intersexe werden, welche *Baltzer* bei Bonellia erzeugt hat. Bonellia zeigt bekanntlich sexuellen Dimorphismus in höchster Ausbildung, indem den Weibchen mit ihrem meterlangen Rüssel winzige Zwergmännchen von sehr rudimentärem Körperbau gegenüberstehen. *Baltzer* hat nun bekanntlich die ungemein interessante Entdeckung gemacht, daß alle Larven die Möglichkeit zu männlicher und weiblicher Entwicklung haben und daß es ein äußerer Faktor ist, welcher darüber entscheidet. Diejenigen Larven nämlich, welche dazu gelangen, sich am Rüssel eines alten Weibchens anzusaugen, werden zu Männchen, die anderen, welche sich frei entwickeln, zu Weibchen. Offenbar ist es ein vom Rüssel des Weibchens abgeschiedenes Sekret, welches die männliche Entwicklung hervorruft. Unterbricht man nun diese Wirkung vorzeitig, indem man die Larve vom Rüssel abstreift, so entsteht eine geschlechtliche Zwischenform, die sich um so mehr der rein männlichen Form nähert, je länger die Wirkung des Rüsselsekrets gedauert hat. Worauf beruht nun diese Wirkung, welche die an sich weiblich disponierte Larve in die männliche Entwicklungsrichtung drängt? Nach *Goldschmidts* Hypothese nicht etwa auf einem spezifisch männlichen Hormon, sondern auf einer differenziellen Beschleunigung der Entwicklung. Die Larven hätten alle neben dem weiblichen auch einen männlichen Geschlechtsfaktor, welcher während eines ersten Abschnitts der Entwicklung männliche Hormone erzeugt; noch ehe diese aber Zeit hatten, eine sichtbare Wirkung auszuüben, würde ein zweiter längerer Entwicklungsabschnitt einsetzen, welcher unter der Herrschaft der inzwischen gebildeten weiblichen Hormone steht. Das Rüsselsekret hätte nun die Eigenart, daß es alle Entwicklungsvorgänge in der Larve beschleunigt mit einziger Ausnahme der Bildung der geschlechtlichen Hormone. Dadurch würde die Differenzierung in den Wirkungsbereich der zuerst gebildeten männlichen Hormone gerückt, und zwar um so mehr, je länger und damit stärker das Sekret einwirkt. Bei genauer Erwägung aller Umstände des Versuchs und seines Erfolges sollte es wohl möglich sein, zu entscheiden, ob diese Art der Erklärung durchführbar ist, und das Ergebnis wird nicht ohne Einfluß auf die Beurteilung auch der Goldschmidtschen Intersexe sein.

Auch die eingangs erwähnten Versuche von *Herbst* und anderen über Verschiebung der Vererbungsrichtung verwertet *Goldschmidt* in seinem Sinn. Durch die Anregung des Eies zu parthenogenetischer Entwicklung wird dem mütterlichen Chromatin ein zeitlicher Vorsprung vor dem väterlichen verschafft, welch letzteres erst später, bei der nachträglichen Befruchtung, eingeführt wird. Auch von hier aus wird sich die Goldschmidtsche Theorie auf ihre Richtigkeit prüfen lassen.

Mit diesen trotz ihrer Länge unzulänglichen Bemerkungen will ich mich begnügen. Soweit sie eine Kritik enthielten, betrifft diese nicht den Kern der Theorie. Aber selbst wenn das der Fall wäre, so würde es den Autor der Theorie wohl nicht zu tief kränken, da ihm das Goethesche „umzuschaffen das Geschaffene, damit sich's nicht zum Starren waffne“ recht eigentlich Lebensprinzip seiner theoretischen Arbeit zu sein scheint.

Wie an den zuerst besprochenen Ermittlungen über die *Lokalisation der Erbmasse* entwicklungsphysiologisches und Vererbungsexperiment gleichermaßen beteiligt waren, so ruht auch die Goldschmidtsche Theorie über die *Natur der Erbfaktoren* auf Grundlagen, welche beiden Forschungsgebieten angehören. Dasselbe gilt nun auch für die Forschungsarbeiten, denen wir uns jetzt zum Schluß noch zuwenden wollen; doch ist hier der Anteil der Entwicklungsphysiologie ein beträchtlich größerer. Die zu schildernden Experimente betreffen in letzter Linie das Problem der *Aktivierung der Erbmasse.*

Auch hierin entwickelten sich unsere Vorstellungen im Anschluß an Weismannsche Ideen, wenn auch in diesem Fall von Anfang an im Gegensatz zu ihnen. Nach *Weismann* sind die Determinanten so, wie sie den Gang der Entwicklung und ihr Endergebnis leiten und bestimmen, im Keimplasma, d. h. in den Chromosomen des befruchteten Eies zu einem äußerst komplizier-

ten Bau vereinigt, der im Ablauf der erbungleichen Kernteilungen in strenger Gesetzmäßigkeit in seine Bestandteile zerfällt und in genau festgelegter Reihenfolge die einzelnen Determinanten freigibt. Danach leitet also das Chromatin allein die ganze Entwicklung vom Anfang bis zum Ende, ihr Ablauf ist dem eines äußerst feinen, aber starren Uhrwerks zu vergleichen.

Goldschmidt hat eine Idee geäußert, welche so verstanden oder wohl besser mißverstanden werden könnte, daß sie mit der Weismannschen Anschauung in einem Punkt eine gewisse Ähnlichkeit hätte. Er stellt die These auf (Quant. Grdl. S. 18), „daß die gleichen Mechanismen und die gleichen physiologischen Vorgänge wie bei der Geschlechtsverteilung dem Gesamtphänomen der Vererbung zugrunde liegen und es, wenigstens in der Hauptsache, erklären". Er hält „jeden morphologischen Differenzierungsprozeß bewirkt durch die rechtzeitige Produktion spezifischer Hormone" (S. 23), und erklärt (S. 27) „die richtige quantitative Konstellation im Differenzierungsrhythmus für das Wesen der Vererbung". Dieser aber wäre gegeben durch die richtig abgestufte Quantität der Erbfaktorenenzyme. Es bedarf wohl nur des Hiweises, daß sich diese Anschauung in jedem Fall nur durchführen läßt für Entwicklungsprozesse, welche unabhängig nebeneinander herlaufen.

Jene rein evolutionistischen Vorstellungen *Weismanns* sind heute wohl allgemein aufgegeben. Am entscheidendsten wurden sie durch Experimente *Boveris* getroffen, durch welche ihnen ihre Grundlage, die Möglichkeit erbungleicher Kernteilung, entzogen wurde; ich kann hier nur auf sie hinweisen, weil ihre scharfsinnigen, aber etwas verwickelten Gedankengänge sich nicht in der Kürze darstellen lassen. Aber schon vorher waren jene Vorstellungen schwer erschüttert worden durch zwei Reihen von Experimenten, welche die ersten Jahre entwicklungsmechanischer Forschung zu einem guten Teile ausfüllten. Bei der ersten Reihe bestand der Eingriff darin, daß durch Deformation des Eies die Abfolge der Kernteilungen gestört wurde; bei der zweiten Reihe wurde das Ausgangsmaterial der Entwicklung vermindert. In beiden Fällen entstanden normale Embryonen. Das bedeutet, daß die Kerne und die Zellen der ersten Zellgenerationen sich jedenfalls in gewissen Grenzen gegenseitig vertreten können, also nicht tiefgreifend verschieden sind.

Die ersten grundlegenden Experimente dieser Art, Pressungsversuche an Amphibien- und Seeigeleiern, stammen von *G. Born* (1893), *O. Hertwig* (1893) und namentlich von *H. Driesch* (1892). Statt ihrer will ich als Beispiel ein späteres (1914) von mir ausgeführtes Experiment wählen, weil es die Methoden beider Versuchsreihen in sich vereinigt und daher die Frage nach verschiedenen Richtungen hin weiterführt. Wie wir gesehen haben, kann man befruchtete, aber noch ungefurchte Tritoneier so einschnüren, daß ihre eine Hälfte Ei- und Spermakern enthält, die andere durch einen dünnen Stiel mit ihr verbundene Hälfte wohl überzählige Spermakerne, aber keinen Eikern, Fig. 7. Die Hälfte mit dem Eikern furcht sich nun, bei starker Schnürung bis zum Achtzellenstadium; die andere eikernlose Hälfte bleibt zunächst ungefurcht, bis bei der nächsten Teilung der acht Furchungszellen die der Schnürfurche zunächst gelegene einen Tochterkern durch den dünnen Stiel herüberschiebt, worauf dieser Stiel sich durchschnürt, Fig. 8. Darauf beginnt auch in dem neubekernten Eiteil die Entwicklung, die zu einem ganz normalen Embryo führen kann, der nur dem verspäteten Entwicklungsbeginn entsprechend dauernd etwas zurück bleibt. Es enthielt also in diesem Fall $^1/_{16}$ Furchungskern und ebenso das halbierte Protoplasma noch alle Anlagen für einen normalen Embryo, und das System hat die Fähigkeit, sich nach richtiger Proportion zu gliedern.

Das ist nun aber nicht immer so, vielmehr kommt es auf die Richtung an, in welcher man die Durchschnürung vornimmt. Das eben geschilderte Ergebnis erhält man nur nach medianer oder annähernd medianer Durchtrennung. Am Ei läßt sich diese Richtung nicht erkennen, sie läßt sich aber nachträglich erschließen auf Grund eines anderen ähnlichen Versuchs. Wenn man nämlich die Einschnürung etwas später vornimmt, im Zweizellenstadium, genau längs der ersten Furche, und so schwach schnürt, daß das Ei innerhalb seiner Hüllen nur eben festgehalten wird, so läuft die Entwicklung trotz der leichten Deformation des Keims anscheinend normal ab; wenigstens entstehen normale Embryonen. Sobald nun beim Auftreten des Urmunds die Orientierung des Keims möglich wird, läßt sich erkennen, daß seine Lage zur Ligatur keine regellose ist, sondern zwei Richtungen bevorzugt. Die Ebene der Ligatur und damit die erste Furchungsebene fällt entweder mit der Medianebene zusammen, Fig. 10, oder sie steht senkrecht auf ihr, Fig. 9, und zwar frontal, indem sie die spätere Rückenhälfte des Keims mit den Achsenorganen von der späteren Bauchhälfte trennt. Schnürt man nun in diesem Stadium, also zu Beginn der Gastrulation, vollends durch, so erhält man bei medianer Schnürung aus jeder Hälfte einen Zwillingsembryo, bei frontaler Schnürung aber nur aus der Rückenhälfte, während die Bauchhälfte zu einem rundlichen Gebilde wird, welches sich wohl in die drei Keimblätter gliedert, aber keine weitere Differenzierung erfährt. Genau dieses selbe verschiedene Ergebnis erhält man nun auch nach Durchschnürung in früheren Entwicklungsstadien, im Blastulastadium, im Zweizellenstadium und bei dem in Rede stehenden Experiment der Schnürung des befruchteten, ungefurchten Eis; nämlich entweder aus jeder Hälfte einen Zwillingsembryo, Fig. 11, oder dieses nur aus der einen, während die andere dasselbe rund-

liche, undifferenzierte Gebilde liefert, welches lange am Leben bleiben kann, aber sich nicht weiter entwickelt, Fig. 12.

Bei dieser frontalen Schnürung nun kann die Hälfte, welche den Eikern enthält, sowohl zur Rückenhälfte wie zur Bauchhälfte werden; d. h. aber, daß die Bestimmung darüber nicht im Kern, sondern im Protoplasma des Eies liegt, indem in der dorsalen Eihälfte schon ein Bruchteil des Furchungskerns zur normalen Entwicklung der Rückenorgane genügt, während in der Bauchhälfte fast der ganze Furchungskern sich befinden kann, ohne daß doch mehr als ein Bruchstück entsteht. Hier zeigt sich nun aber ein wichtiger Unterschied gegen die mediane Schnürung. Während nämlich bei dieser noch $^1/_{16}$ des Furchungskerns genügt hat, um die bisher kernlose Eihälfte zur Entwicklung eines normalen Zwillingsembryos zu bringen, ist dazu bei frontaler Schnürung mindestens ⅛ nötig; deutlicher gesagt, wenn sich der Furchungskern in der ventralen Eihälfte mehr als dreimal geteilt hat, so ist der in die dorsale Hälfte hinüber geschobene Tochterkern nicht mehr imstande, dort eine normale Entwicklung hervorzurufen, das Stück stirbt nach kurzer Zeit ab. Das war mir schon vor Jahren bei meinen ersten Versuchen aufgefallen und hat sich jetzt bei ihrer Wiederholung (mit einer Ausnahme) durchaus bestätigt. Daraus folgt aber mit großer Wahrscheinlichkeit, daß die Kerne sich während der Furchungsteilungen allerdings verändern können; da dies aber in einer seitlichen Hälfte zum mindesten später eintritt als in der ventralen, so folgt daraus ferner, daß die Ursachen der Veränderung nicht im Kerne selbst liegen, wie *Weismann* annimmt, sondern im Eiplasma. Darin stimmt also das Ergebnis dieses Versuchs aufs schönste mit dem überein, was *Boveri* in seiner bekannten Arbeit über die Potenzen der Ascarisblastomeren schon früher mitgeteilt hatte.

An diesen Versuch lassen sich aber noch andere Überlegungen anknüpfen. Wenn sich ein Keim von vermindertem Ausgangsmaterial aus in normalen Proportionen entwickelt, so ist das nur dadurch möglich, daß seine einzelnen Teile eine andere Verwendung finden als normal; darauf hat zuerst *Driesch* bei seinen Versuchen an Seeigelkeimen hingewiesen. Wenn man z. B., um bei unserem Untersuchungsobjekt zu bleiben, einem Tritonkeim zu Beginn der Gastrulation die ganze ventrale Hälfte wegnimmt, so entwickeln sich die Achsenorgane der dorsalen Hälfte, obwohl von dem Eingriff direkt nicht berührt, in verminderter Größe, der verminderten Keimgröße entsprechend (*Rund-Spemann* 1922). Zellen, welche normalerweise das vorderste Ende der Medullarplatte gebildet hätten, sagen wir Zellen der präsumptiven Medullarplatte, werden jetzt zu Teilen der Epidermis; diese Zellen sind also zu Beginn der Gastrulation noch so indifferent, daß sie sich gegenseitig *vertreten* können. Wenn das aber der Fall ist, so muß man sie auch, die nötige Technik vorausgesetzt, experimentell *vertauschen* können. Das geht in der Tat, und damit ist der Anfang einer Versuchsreihe gegeben, welche in neuer und vielversprechender Richtung weiterführt.

Man entnimmt also zwei Keimen, zunächst gleicher Art und gleichen Alters, z. B. Triton taeniatus zu Beginn der Gastrulation, je ein kleines Stück Ektoderm aus der Gegend der späteren Medullarplatte und der späteren Epidermis und tauscht sie gegeneinander aus; beide Stücke entwickeln sich dann ortsgemäß weiter, die präsumptive Medullarplatte wird innerhalb von Epidermis zu Epidermis, die präsumptive Epidermis innerhalb von Medullarplatte zu Medullarplatte. Haben die zum Versuch verwendeten Keime verschiedene Farbe, so lassen sich die eingesetzten Stücke am fremden Ort lange genug unterscheiden, um das Ergebnis sicherzustellen (*Spemann* 1919, vgl. Naturwissenschaften Bd. 7, Fig. 8—11, auf S. 583). Die Eigenart dieses Ergebnisses wird besonders deutlich, wenn man den Austausch etwas später, nach Beendigung der Gastrulation und Sichtbarwerden der Medullarplatte, vornimmt. Dann heilen die beiden Stücke zwar zunächst auch ein, aber die Verbindung ist keine dauernde; das Stück Epidermis wird aus der Medullarplatte wieder ausgestoßen, das Stück Medullarplatte von der Epidermis überwachsen und in die Tiefe versenkt. Dort entwickelt es sich nicht ortsgemäß, sondern herkunftsgemäß weiter, d. h. es wird zu einem Stück Hirnsubstanz, gegebenenfalls mit einem Auge (*Spemann* 1919, Naturwissenschaften l. c., Fig. 12—14). Während also hier die Stücke schon in ihrer Entwicklung bestimmt waren, sind sie zu Beginn der Gastrulation noch so indifferent gewesen, daß sie sich gegenseitig vertreten konnten. Die Bestimmung zu ihrem neuen und jetzt endgültigen Schicksal muß von einem Einfluß abhängen, der am neuen Ort auf sie einwirkt.

Es ist nun von theoretischem Interesse, daß die beiden zum Austausch verwandten Keime im Alter etwas untereinander verschieden sein können, ohne daß dadurch die ortsgemäße Entwicklung der eingesetzten Stücke verhindert würde. Man findet dann z. B. im älteren Keim ein Stück Epidermis, das aus der präsumptiven Medullarplatte des jüngeren Keims entstanden und dementsprechend in der Entwicklung zurück ist, und im jüngeren Keim einen Augenbecher, aus der präsumptiven Epidermis des älteren Keimes entstanden und dementsprechend in der Entwicklung voraus. Die Linsenanlage dieses Augenbechers nimmt eine mittlere Stellung ein; sie ist für die Epidermis, aus der sie entsteht, etwas zu alt, für den Augenbecher, der ihre Entstehung hervorgerufen hat, etwas zu jung. Man sieht daraus, daß auch bei Entwicklungsprozessen, welche in Abhängigkeit voneinander stehen, die kausale Verzahnung keine ganz genaue zu sein

braucht, sondern einen gewissen Spielraum haben kann (*Spemann* 1918).

Wichtiger als dies ist aber die Möglichkeit des Austausches auch zwischen Keimen verschiedener Artzugehörigkeit, z. B. zwischen Triton taeniatus und cristatus (*Spemann* 1921; vgl. Naturwissenschaften l. c., Fig. 32—38). Ich will hier nicht auf die zahlreichen Probleme eingehen, welche sich an diesen „tierischen Chimären" ähnlich wie an den von *H. Winkler* entdeckten oder besser erfundenen „pflanzlichen Chimären" ableiten und lösen lassen, und nur auf die methodische Bedeutung der Tatsache hinweisen. Die stark pigmentierten Zellen einer dunklen Larve von Triton taeniatus oder alpestris lassen sich von den pigmentlosen Zellen einer Larve von Triton cristatus weit in die Entwicklung hinein mit Sicherheit unterscheiden und damit die Grenzen des implantierten Stücks mit völliger Schärfe erkennen. Auf diese Weise wurde es möglich, die Versuche über Vertauschbarkeit von Keimteilen weiter auszudehnen und zu prüfen, ob nur solche des gleichen Keimblatts, wie präsumptive Medullarplatte und Epidermis, sich gegenseitig vertreten können, oder auch solche Zellgruppen, welche später verschiedenen Keimblättern angehören.

O. Mangold (1923) hat dies ausgeführt und ist zu überraschenden Ergebnissen gekommen. Probestückchen aus Gastrulastadien von Triton cristatus, welche normalerweise ektodermale Organe wie Gehirn oder Epidermis gebildet hätten, machten, an geeignete Stellen von Triton taeniatus verpflanzt, die Gastrulation mit und nahmen, ins Innere des Keims gelangt, an der Anlage des Darms, der Muskulatur, der Vorniere teil, also von Organen ento-mesodermaler Abkunft. So weit geht noch die Indifferenz der Stücke von so verschiedener prospektiver Bedeutung.

Die Versuche lehren nun aber nicht nur, daß die vertauschbaren Keimteile noch verschiedene Entwicklungsrichtungen einschlagen können; sie machen auch den Schluß notwendig, daß die tatsächlich eingeschlagene Richtung von Einflüssen abhängt, unter welche das Stück am Ort seiner Einpflanzung gerät. Besonders eindrucksvoll sind in dieser Hinsicht solche Fälle aus *Mangolds* Versuchen, wo die ortsfremden Stücke sich nicht völlig glatt in den neuen Verband einfügten und daher überschüssige Teile von dem Charakter bildeten, der dem Ort entspricht; also z. B. überschüssige Vornierenkanälchen in der Vornierenregion. Hier glaubt man die den Ort beherrschenden Kräfte mit Augen zu sehen.

Von wo gehen nun diese Wirkungen aus?

Durch verschiedene Experimente ließ sich zeigen, daß die einzelnen Teile des Keims zu Beginn der Gastrulation verschieden weit determiniert sind, und zwar ließ sich die obere Urmundlippe als ein Bezirk bestimmen, welcher den übrigen Teilen in der Determination vorangeeilt ist und nun seinerseits determinierende Wirkungen ausübt. Dieser Bezirk wurde daher als Differenzierungs- oder Organisationszentrum bezeichnet (*Spemann* 1918, 1919).

Einer der Gründe zu dieser Aufstellung war die Tatsache, daß Probestückchen aus dieser Gegend sich bei Verpflanzung anders verhalten als solche von anderen Stellen. Während jene das Schicksal ihrer neuen Umgebung teilen und spurlos in ihr aufgehen, behaupten sich diese gegen die am fremden Ort herrschenden Einflüsse und entwickeln sich in ihrer eigenen Richtung weiter. So entsteht am Ort der Einpflanzung eine kleine sekundäre Embryonalanlage (vgl. Naturwissenschaften Bd. 7, Fig. 15, 16, auf S. 584).

Wenn nun bestimmte Teile des Keims den anderen in der Determination voraus sind, ist es von vornherein wahrscheinlich, daß von ihnen auch die Wirkungen ausgehen, durch welche jene noch indifferenteren Teile determiniert werden müssen; es ist ferner wahrscheinlich, daß sie diese Wirkungen auch dann ausüben, wenn sie, wie bei dem in Rede stehenden Experiment, in fremde indifferente Umgebung verpflanzt wurden. Dann ist aber zu erwarten, daß jene sekundären Embryonalanlagen, die an der Stelle des Implantats sich fanden, aus Bestandteilen von zweierlei Herkunft zusammengesetzt sind, aus Teilen des Implantats und aus anstoßenden, von ihnen induzierten Teilen des Wirts.

Die heteroplastische Transplantation gibt wieder die Möglichkeit, dies exakt zu prüfen. Frau *Hilde Mangold* hat diesen Versuch unter meiner Leitung in zwei Sommern ausgeführt. Es wurden kleine Stückchen aus dem Organisationszentrum, wir können sie *„Organisatoren"* nennen, Keimen von Triton cristatus entnommen und solchen von Triton taeniatus an indifferenter Stelle ins spätere Ektoderm gepflanzt. An dieser Stelle entwickelten sich dann sekundäre Embryonalanlagen von oft überraschender Vollkommenheit. Die schönste, welche zur Beobachtung kam, hatte ein Medullarrohr mit angelagerten Hörblasen, Chorda, Urwirbel und Vornieren, d. h. alle wichtigsten Organanlagen mit Ausnahme von Hirn und Augen, Fig. 13. Diese Anlagen waren nur zu einem kleinen Teil aus den eingepflanzten cristatus-Zellen gebildet; zum größten Teil bestanden sie aus taeniatus-Zellen, die sonst ein ganz anderes Schicksal gehabt hätten und nun, von dem artfremden Organisator gewissermaßen in seinen Dienst gezwungen, zu seiner Ergänzung herangezogen wurden (*Spemann-H. Mangold* 1924). In welcher Weise diese Induktion durch den Organisator vor sich geht, ist noch Gegenstand der Untersuchung. Ich möchte daher nicht näher darauf eingehen und nur noch einen Punkt kurz berühren.

Die induzierten Embryonalanlagen sind Chimären und lehren als solche ebenso wie die durch Implantation indifferenten Materials entstandenen, daß Keimteile von recht verschiedenen Tierarten

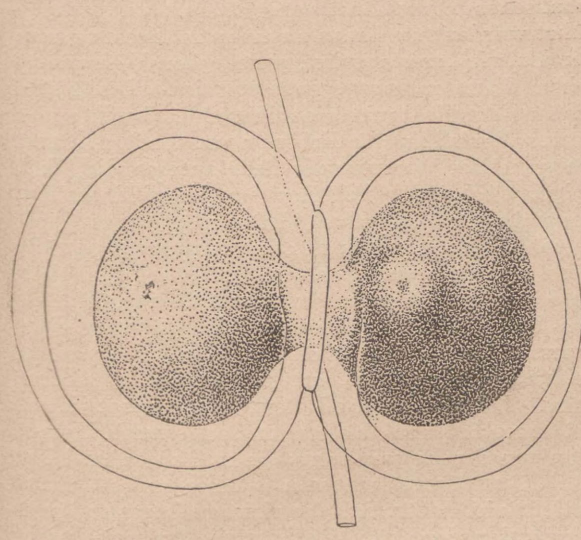


Fig. 7. Ei von Triton taeniatus, einige Zeit nach der Befruchtung innerhalb seiner Eikapsel mit einer Haarschlinge stark eingeschnürt; Eikern in rechter Hälfte. Vergr. 30 ×.

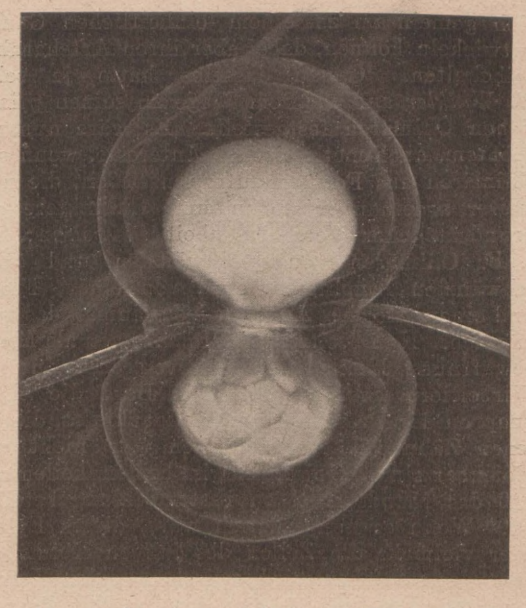


Fig. 8. Furchungsstadium von Triton taeniatus; $10^1/_2$ Stunden nach der künstlichen Befruchtung; 16 Minuten nach der Befruchtung eingeschnürt wie in Fig. 7. Untere Hälfte wahrscheinlich 31 Zellen; auch obere Hälfte enthält einen Kern.

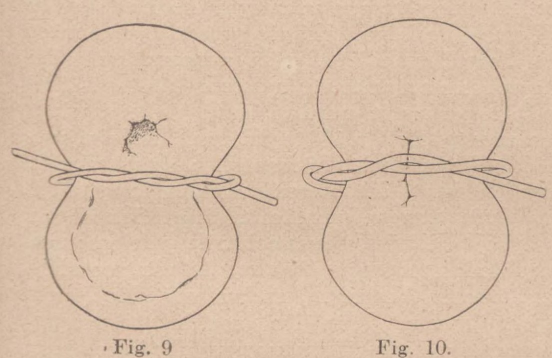


Fig. 9 Fig. 10.

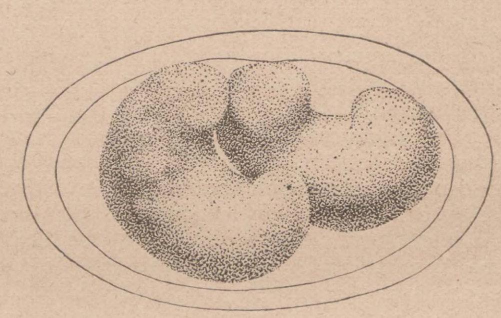


Fig. 11. Zwillinge innerhalb der Eikapsel, entstanden nach starker medianer Einschnürung kurz nach der Befruchtung. Vergr. 30 ×.



Fig. 12. Embryo und Bauchstück, entstanden nach starker frontaler Einschnürung kurz nach der Befruchtung. Vergr. 24 ×.



Fig. 13. Aufsicht auf die sekundäre Embryonalanlage mit Schwänzchen, Medullarrohr, Urwirbeln und Hörblasen. Vergr. 20 ×.

sich gemeinsam zu einem einheitlichen Ganzen entwickeln können, dabei aber ihren Artcharakter beibehalten. Genau dasselbe hatte ja schon *H. Winkler* auf anderem Wege an seinen pflanzlichen Chimären festgestellt. Es wäre nun von größtem, auch methodischem Interesse, wenn sich Chimären aus Formen aufbauen ließen, die noch weiter auseinander stehen und Charaktere von grundsätzlicher Verschiedenheit aufweisen; also z. B. Chimären von geschwänzten und ungeschwänzten Amphibien, etwa von einem Frosch und einem Molch. Angenommen einmal, das wäre möglich. Nun besitzen die Molchlarven als Mundbewaffnung kleine Zähnchen von dem für die Wirbeltiere charakteristischen Bau, die Kaulquappen der Frösche dagegen Hornkiefer, die mit jenen Zähnchen morphologisch gar nicht vergleichbar sind. Gemeinsam ist beiden Teilen nur, daß das Mundepithel an ihrer Bildung beteiligt ist. Wenn es nun möglich wäre, dieses Epithel oder vielmehr die Zellen des jungen Keims, aus denen es entstehen wird, zwischen beiden Keimen auszutauschen, was für eine Art von Mundbewaffnung würden dann die beiden Larven bekommen? Vielleicht die Kaulquappe Zähne, die Molchlarve Hornkiefer? Im ersten Augenblick könnte das wie eine Spielerei erscheinen; es läßt sich aber leicht erkennen, welch tiefe Einblicke in die Art der Aktivierung der Erbfaktoren auf diesem Wege gewonnen werden könnten. Ich habe diesen Austausch mehrfach zwischen Triton taeniatus und Unke ausgeführt. Technisch ist das Experiment nicht schwieriger als die früher geschilderten; es scheiterte aber bisher an der zu großen Verschiedenheit der beiden zusammengefügten Keimarten. Ich würde es auch als zu phantastisch gar nicht erwähnen, wenn sich nicht in letzter Zeit doch eine Aussicht auf Gelingen eröffnet hätte. Ausgehend von der Überlegung, daß vielleicht ein Organisator, der ja ganz oder zum größten Teil in die Tiefe versenkt wird, sich eher in einem so fremden Keim würde halten und zur Geltung bringen können, als ein oberflächlich bleibendes indifferentes Keimstück, schlug ich Herrn Dr. *Geinitz* zu Ende dieser Experimentierperiode vor, den Versuch einmal in dieser Weise zu machen, und zu meiner eigenen Überraschung gelang er. In mehreren Fällen induzierte ein Organisator einer Unke in einem Tritonkeim eine schöne deutliche Embryonalanlage.

Dieser Versuch soll im nächsten Jahr weitergeführt werden, und ich will mich daher nicht näher über ihn verbreiten. Schon jetzt folgt aus ihm, daß in der Tat Keime von Tieren, die im System so weit auseinanderstehen wie ein geschwänztes und ein ungeschwänztes Amphib, in jüngsten Entwicklungsstadien einander noch so ähnlich sind, daß sie determinierend aufeinander einwirken können. Diese Tatsache, an sich bedeutsam genug, läßt es nicht mehr als unmöglich erscheinen, daß auch die oben angedeuteten Experimente noch gelingen werden.

All die zuletzt geschilderten Versuche gehen zurück auf solche, welche zur Prüfung der Weismannschen Evolutionstheorie erdacht und ausgeführt wurden; sie haben zu einer Auffassung von der Entwicklung geführt, welche der Weismannschen diametral entgegengesetzt ist. Die Aktivierung der Erbmasse geschieht nicht durch autonomen Zerfall in die Erbfaktoren, sondern unter weitgehender Wirkung der Teile aufeinander, also epigenetisch. Der Schein einer reinen Evolution kann dadurch entstehen, daß ein Keimteil auf seine Fähigkeit zur Selbstdifferenzierung geprüft wird, nachdem er schon von anderen Teilen her zu seinem Schicksal bestimmt worden ist; so z. B. das Stück Medullarplatte, welches auch in Epidermis Hirnsubstanz und Auge bildet, während es früher transplantiert zu Epidermis geworden wäre. Die Zeit dieser Determination liegt sicher bei verschiedenen Keimarten an verschiedenen Punkten der Entwicklung; sie mag manchmal bis ins Ei zurückverlegt sein. Aber selbst dann spricht viel dafür, daß die richtige Lagerung und Proportion der früh bestimmten Anlagen nach demselben epigenetischen Prinzip zustande kommt, durch determinierende Wirkung der Teile aufeinander.

Damit will ich meine Ausführungen beschließen. Es war ein wichtiger Augenblick für die Vererbungslehre, als die zuerst getrennten Wege des Bastardierungsexperiments und der Zellforschung zusammenmündeten. Erstaunliches ist seither geleistet worden, und es entspringt sicher nicht dem Gefühl erfolgloser Arbeit, sondern dem Bewußtsein höchster Aneignungskraft, wenn sich jetzt die Vererbungsforschung nach neuen Verbindungen umschaut. Ihr Blick ist auf uns, auf die Entwicklungsmechanik, gefallen; und da glaubte ich zeigen zu können, daß wir uns nicht erst zu suchen brauchen, indem wir uns längst gefunden haben. Jene drei von mir herausgegriffenen Probleme, Lokalisation der Erbmasse, Natur und Aktivierung der Erbfaktoren gehören uns nicht nur gemeinsam an, sondern sind von Anfang an von uns gemeinsam bearbeitet worden. Der bisherige Erfolg dieser Arbeit läßt auch auf den künftigen hoffen.

Literaturverzeichnis.

Baltzer, Fr., 1914. Die Bestimmung des Geschlechts nebst einer Analyse des Geschlechtsdimorphismus bei Bonellia. Mittl. Zool. Stat. Neapel, Bd. 22.

Derselbe, 1920. Über die experimentelle Erzeugung und die Entwicklung von Triton-Bastarden ohne mütterliches Kernmaterial. Verh. Schweiz. Naturf.-Ges., Neuenburg, 1920.

Derselbe, 1922. Über die Herstellung und Aufzucht eines haploiden Triton taeniatus. Ebenda, Bern 1922.

Born, G., 1893. Über Druckversuche an Froscheiern. Anat. Anz., Bd. 8.

Boveri, Th., 1889. Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften. Sitz. Ber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. München, Bd. 5.

Derselbe, 1910. Die Potenzen der Ascaris-Blastomeren bei abgeänderter Furchung. Zugleich ein Beitrag

zur Frage qualitativ-ungleicher Chromosomenteilung. Festschr. f. R. Hertwig, Bd. 3.
Derselbe, 1918. Zwei Fehlerquellen bei Merogonieversuchen und die Entwicklungsfähigkeit merogonischer und partiell-merogonischer Seeigelbastarde. Arch. f. Entw. Mech., Bd. 44.
Driesch, H., 1892. Entwicklungsmechanische Studien IV. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 55.
Häcker, V., 1918. Entwicklungsgeschichtliche Eigenschaftsanalyse (Phaenogenetik). Jena.
Hertwig, G., 1911. Radiumbestrahlung unbefruchteter Froscheier und ihre Enwicklung nach Befruchtung mit normalem Samen. Arch. f. Mikr. Anat., Bd. 77.
Hertwig, O., 1884. Das Problem der Befruchtung und der Isotropie des Eies, eine Theorie der Vererbung. Jena 1884.
Derselbe, 1893. Über den Wert der ersten Furchungszellen für die Organbildung des Embryo. Arch. f. Mikr. Anat., Bd. 42.
Hertwig, P., 1922. Bastardierung und Entwicklung von Amphibieneiern ohne mütterliches Kernmaterial. Zeitschr. indukt. Abstmmgs.- u. Vererbungslehre, Bd. 27.
Jollos, V., und *Péterfi, T.*, 1923. Furchung von Axolotleiern ohne Beteiligung des Kernes. Biol. Zentrlbl., Bd. 43.
Mangold, O., 1923. Transplantationsversuche zur Frage der Spezifität und der Bildung der Keimblätter. Arch. f. Mikr. Anatomie und Entwicklungsmech., Bd. 100.
Meisenheimer, J., 1909. Experimentelle Studien zur Soma- und Geschlechtsdifferenzierung. Jena 1909.
Nägeli, C., 1884. Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. München und Leipzig.
Spemann, H., 1914. Über verzögerte Kernversorgung von Keimteilen. Verh. D. Zool. Ges., Freiburg.
Derselbe, 1918. Über die Determination der ersten Organanlagen des Amphibienembryo I—VI. Arch. f. Entw., Bd. 43.
Derselbe, 1919. Experimentelle Forschungen zum Determinations- und Individualitätsproblem. Naturwissenschaften, Bd. 7.
Derselbe, 1921. Die Erzeugung tierischer Chimären durch heteroplastische embryonale Transplantation zwischen Triton cristatus und taeniatus. Arch. f. Entw.-Mech., Bd. 48.
Spemann, H., und *Rund, G.*, 1922. Die Entwicklung isolierter dorsaler und lateraler Gastrulahälften von Triton taeniatus und alpestris, ihre Regulation und Postgeneration. Arch. f. Entw.-Mech., Bd. 52.
Spemann, H., und *Hilde Mangold*, 1924. Über Induktion von Embryonalanlagen durch Implantation artfremder Organisatoren. Arch. f. Mikr. Anat. und Entwicklungsmech., Bd. 100.
Weismann, A., 1892. Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung. Jena 1892.

Über unzerbrechliches und hämmerbares Glas.

Von E. Berger, Jena.

Glas wäre entschieden der wertvollste aller technischen Stoffe, wenn es nicht, gewissermaßen definitionsgemäß, die Eigenschaft der Zerbrechlichkeit besäße. Dabei ist jedoch von vornherein zweierlei zu unterscheiden: die Zerbrechlichkeit infolge mechanischer und die infolge thermischer Beanspruchung, wenn auch am Ende beide Arten wieder in die eine Tatsache zusammenlaufen, daß Glas unter dem Einfluß übermäßiger Kräfte den Zusammenhang aufgibt.

I. Zerbrechlichkeit unter mechanischer Beanspruchung.

Alle festen, harten Körper lassen sich durch Druck-, Zug-, insbesondere durch Biege- und Schlagkräfte mehr oder weniger leicht trennen, zerteilen und zerstören. Die Gläser zeigen gegenüber Druckkräften jedoch eine Widerstandsfähigkeit, die durchaus nicht klein, sondern sehr beachtenswert ist. Die von einer Anzahl der verschiedenartigsten Jenaer Gläser veröffentlichten Zahlen über die Druckfestigkeit, die im wesentlichen das überhaupt praktisch Erreichbare darstellen dürften, schwanken (vgl. hierzu und zu den folgenden Zahlen: *Landolt-Börnstein*, 5. Aufl., Berlin 1923) zwischen 60—126 kg/mm², während für Eisen 20—90, Messing 20—30 angegeben wird. Anders liegen die Verhältnisse für die Zugfestigkeit. Für Jenaer Gläser wurde diese bestimmt zu 3—9 kg/mm², auch neuere Gläser dürften sich nicht merklich darüber hinausbewegen. Demgegenüber zeigt Eisen eine Zugfestigkeit von 9—50, Stahl von 50—160 und als gezogener Draht sogar bis 250, auch Messing und Kupfer ertragen etwa 20—50, Aluminium dagegen nur 10—40, Zink 13—20, und Zinn und Blei sind sogar schlechter als Glas, da ihre Zugfestigkeit nur etwa 1,1—2,5 beträgt.

Und doch gilt ein Zinnteller mit Recht als nicht so zerbrechlich wie einer aus Glas. Wenn also auch die Zugfestigkeit als nicht gerade günstig bezeichnet werden kann, so sind doch im allgemeinen die mechanischen Konstanten der Gläser nicht derartig, daß daraus ihre typische Zerbrechlichkeit gefolgert werden müßte. Andere Faktoren werden demnach wichtiger sein. Man könnte meinen, daß hierfür die Elastizitätseigenschaft, die Kautschukähnlichkeit, heranzuziehen wäre. Messungen an den verschiedensten Jenaer Gläsern haben aber ergeben, daß ihr Elastizitätsmodul, d. h. diejenige Kraft, die die elastische Verlängerung 1 hervorruft, im wesentlichen zwischen 4500 bis etwa 9000 kg/mm² liegt, während bei Eisen und Stahl etwa 22 000 kg/mm² erforderlich sind, um dieselbe Verlängerung hervorzurufen, bei Gußeisen sogar 10 000—40 000; Aluminium weist dagegen einen Elastizitätsmodul von 6300—7500 kg/mm² auf, Messing 8000—10 000, Silber 6—8000, Zinn 4000—5500 und Blei nur 1500—1700. Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn man die Elastizität bei allseitigem Druck, die Kompressibilität betrachtet, d. h. diejenige Verkleinerung des Volumens, die ein allseitiger Druck 1 hervorbringt. Die beobachteten Werte für Gläser liegen zwischen 1,3—3,0, während Eisen viel schwerer komprimierbar ist, nämlich nur 0,6. Für Messing ist die entsprechende Zahl 1,0, für Aluminium 1,4, Zinn 1,9, Blei 2,5.

Auch aus den elastischen Eigenschaften der Gläser läßt sich somit ihre Zerbrechlichkeit nicht erklären, wichtig ist vielmehr die Frage ihres Verhaltens, wenn sie über ihre Elastizität hinaus beansprucht werden. Läßt man z. B. auf Metalldrähte Zugkräfte einwirken, so verlängern sie sich zunächst entsprechend ihrem Elastizitätsmodul und ziehen sich wie Kautschuk wieder zusammen, wenn das ziehende Gewicht entfernt wird. Hängt man aber immer schwerere Gewichte an den Draht, so kommt man früher oder später an eine Grenze für dieses rein elastische Verhalten. Es zeigt sich vielmehr nun nach Wegnahme der Zuggewichte, daß der Draht sich bleibend verlängert hat, gereckt worden ist. Diese Reckung nimmt mit steigender Last immer mehr zu, bis schließlich der Draht bei einer Höchstbelastung der Zugfestigkeit reißt. Metalle zeigen also bei gesteigerter Beanspruchung durch Zugkräfte zuerst reines elastisches Verhalten, dann werden sie dehnbar, die Teilchen verschieben sich gegeneinander, so daß ein „Fließen" stattfindet, und schließlich tritt das Zerreißen ein. Gläser verhalten sich typisch anders. Bei ihnen fehlt das Gebiet des „Fließens"; der elastischen Verlängerung wird plötzlich ein Ende gesetzt durch das Zerreißen nach Erreichung einer Belastung entsprechend der Zugfestigkeit. Derartige Körper nennt man spröde.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Bearbeitung durch den Hammer. Durch die Wucht des herabsausenden Werkzeuges wird die Grenze für rein elastisches Verhalten überschritten, Metalle vermögen sich dann plastisch zu deformieren und so dem Hammerschlag auszuweichen, soweit nicht dabei auch die Festigkeitsgrenze überschritten wird und ein Bruch die Folge ist. Den Gläsern fehlt wegen ihrer Sprödigkeit diese plastische Geschmeidigkeit; sie sind infolgedessen nicht hämmerbar. Jeder Schlag wird vielmehr nur bis zur Grenze des Möglichen elastisch aufgefangen, jede kleinste Überschreitung dieser Grenze führt zum Bruch. Da unglücklicherweise diese Grenze (in Frage kommt so gut wie immer die Zugfestigkeit) auch noch, wie erwähnt, reichlich niedrig liegt, so ist die sprichwörtliche Zerbrechlichkeit der Gläser nicht weiter verwunderlich.

Hämmerbares Glas ist also so lange unmöglich, als es nicht gelingt, seine Sprödigkeit fortzuschaffen. Nun hat zwar *Auerbach* bei seinen Versuchen über die Härte der Stoffe gefunden, daß bei einigen Jenaer Gläsern sich eine leichte Andeutung von plastischem Verhalten unter einseitigem Druck bemerkbar macht, und *Föppl* hat durch Bestimmung der Arbeit, die auf Glaswürfel in Form einer Reihe von Schlägen bis zum Bruch ausgeübt werden muß, feststellen können, daß die Sprödigkeit verschiedener Jenaer Gläser merkliche Unterschiede aufweist. Man wird aber wohl kaum hoffen dürfen, daß die Sprödigkeit der Gläser bei gewöhnlicher Temperatur wesentlich unter die des Stahles, den man ja manchmal als glashart bezeichnet, herabgedrückt werden kann.

Mit steigender Temperatur pflegen die mechanischen Eigenschaften der Stoffe sich mehr oder weniger stark zu ändern. Vom Glas ist bekannt, daß es bei Rotglut seine Sprödigkeit verliert und weich und plastisch wird. In der Tat ist es nunmehr etwa dem Blei vergleichbar. Durch mehr oder weniger leichten Druck läßt es sich in Pressen zu den mannigfaltigsten Körpern verarbeiten, wenn man will, auch „hämmern". Nur muß man bei dieser Bearbeitung sorgfältig darauf achten, daß keine Abkühlung eintritt, denn dann kommt sehr rasch wieder die Sprödigkeit zum Vorschein und Risse sind die Folge. Erhitzt man aber anderseits das Glas möglichst hoch, um diese Schwierigkeiten zu vermeiden, dann wird es so weich, daß es fließt und seine Form unter dem Einfluß der Schwere von selbst verändert. Die Veränderlichkeit der Plastizität mit der Temperatur ist eben beim Glas sehr groß, eine Erhöhung der Temperatur um 10 ° vermindert die Zähigkeit etwa auf die Hälfte.

Und noch ein anderer Unterschied besteht zwischen dem weichen Blei und dem erweichten Glase. Belastet man einen Bleistab etwas über seine Elastizitätsgrenze hinaus, so verlängert er sich ein wenig, bleibt dann aber so erhalten trotz des ziehenden Gewichtes. Die durch die Dehnung bewirkte Umlagerung der kleinen Kristalle in ihm hat gewissermaßen eine Härtung hervorgerufen: der Draht kann jetzt ein etwas größeres Gewicht tragen. Ein weicher Glasstab aber wird durch das ziehende Gewicht länger und länger, fließt wie eine träge Flüssigkeit und spinnt sich schließlich zu einem feinen Faden aus. Aus all diesen Gründen wird wohl die Erzählung vom hämmerbaren Glas ein Märchen aus uralter Zeit bleiben müssen.

Sprödigkeit bei geringer Zugfestigkeit ist, wie wir sahen, die Ursache für die leichte Zerbrechlichkeit des Glases. Glasharter Stahl würde dieselbe Unannehmlichkeit haben, wenn nicht seine Zugfestigkeit um so viel mal größer wäre. Da die Hoffnung auf Wegschaffung der Sprödigkeit des Glases nur verschwindend gering ist, bleibt zur Lösung des Problems lediglich der Versuch, die Zugfestigkeit möglichst zu steigern. Dies durch Änderung der Zusammensetzung des Glases zu erreichen, erscheint nicht sehr aussichtsreich, da, wie erwähnt, die Zugfestigkeit der verschiedenartigsten Gläser zwischen 3—9 kg/mm² schwankt, während Stahl bis 250 kg/mm² erträgt. Am günstigsten scheinen die Verhältnisse noch beim Quarzglas zu liegen (wenn man bei der Schwierigkeit der Untersuchung der Zugfestigkeit neueren Angaben Glauben schenken darf). Abgesehen aber davon, daß sich durchsichtiges Quarzglas auch in Zukunft stets teurer stellen wird als gewöhnliches Glas, unterscheidet es sich hinsichtlich seiner Zerbrechlichkeit von ihm

nicht merklich. Es war daher das Aufsehen durchaus gerechtfertigt, das De la Bastie 1875 erregte, als er durch „Härtung" des Glases, d. h. durch plötzliche Abkühlung im weichflüssigen Zustande die Zugfestigkeit so weit steigerte, daß seine Zerbrechlichkeit beseitigt erschien. Ermöglicht wurde dieser Erfolg durch die Tatsache, daß die Druckfestigkeit des Glases erstaunlich hoch ist, mehr als 10 mal größer als die Zugfestigkeit. Erzeugt man also in irgend einer Weise im Glas, vor allem in der Rinde eine starke Druckspannung, so muß beim Zerreißen oder Durchbiegen eines solchen Stabes erst diese überwunden werden, ehe die Beanspruchung auf Zug überhaupt in Frage kommt. Der Idee nach ist also auf diese Weise die Zugfestigkeit um die Druckfestigkeit vergrößert, maximal also auf den Betrag: Zugfest. + Druckfest. = etwa 135 kg/mm² gebracht worden. Wenn auch in der Praxis die Steigerung der Zugfestigkeit nur etwa das 5—10fache und meist noch weniger beträgt, so hätte man doch wohl mit einem derartigen Erfolg zufrieden sein können, wenn nicht andere Schwierigkeiten aufgetreten wären.

De la Bastie (und ähnlich auch *F. Siemens*) brachte die „Härtung" wie erwähnt zustande, indem er das weichflüssige Glas plötzlich abkühlte. Dadurch erstarrt die Oberfläche und umhüllt einen noch weichflüssigen Kern, der entsprechend seiner hohen Temperatur ein großes Volumen einnimmt. Dieser Kern wirkt, indem er erkaltet und sein Volumen zu verkleinern strebt, wie eine Feder, die die Schale zusammenzieht, sie also unter Druck setzt, während der Kern selbst zuggespannt bleibt. Das ganze Glas stellt also ein eben abgeglichenes Gleichgewicht zwischen starken Druck- und Zugspannungen dar. Die kleinste Störung dieses Gleichgewichtes führt deshalb zur Entladung, zum Zerplatzen. Manchmal erst nach Monaten zersplitterten ohne jede äußere Veranlassung die gehärteten Gefäße, was natürlich während des Gebrauches nicht ungefährlich ist. Die Hoffnung, eine so gleichmäßige Verteilung der Spannungen herbeizuführen, daß die gefährlichen Selbstexplosionen der gehärteten Glaskörper mit Sicherheit vermieden würden, ist, wie es scheint, bis heute noch nicht in Erfüllung gegangen. Und so bleibt das De la Bastiesche Hartglas leider nur eine hübsche Idee, die sich praktisch, wenigstens im Wege einer Massenfabrikation für die meisten Glasgegenstände nicht verwirklichen läßt.

Eine andere Lösung des Problems der Hervorbringung gesteigerter Zugfestigkeit fand 1891 *Schott* mit der Herstellung des Jenaer „Verbundglases" für die Wasserstandsgläser der Dampfkessel. Hier werden zwei Gläser von verschiedenem Ausdehnungsvermögen miteinander verschmolzen, und zwar so, daß das mit geringerer Ausdehnung die Rinde des Rohres bildet, während der innere Teil aus Glas mit größerer Ausdehnung besteht. Bei der Abkühlung im Anschluß an die Herstellung derartiger Röhren zieht sich infolgedessen der innere Teil stärker zusammen und setzt daher die Rinde unter Druckspannung, so daß ganz ähnliche Verhältnisse wie beim „Härten" entstehen. Der große Vorteil ist aber, daß alle zufälligen Spannungen infolge ungleichmäßiger Abkühlung z. B. durch langsame Kühlung beseitigt werden können, trotzdem aber eine, und zwar gleichmäßige Spannungsverteilung bestehen bleibt. In dieser Form hat sich dann die alte Hartglasidee, wenigstens soweit zylindrische Gegenstände in Frage kommen, praktisch und für die Dauer bewährt. Während also „hämmerbares Glas" auch für die Zukunft ein Märchen bleiben wird, konnte die Zerbrechlichkeit bei mechanischer Beanspruchung, die geringe mechanische Festigkeit des Glases, wenigstens in gewissen Fällen merklich behoben werden.

II. Zerbrechlichkeit bei thermischer Beanspruchung.

Schon bei den Härtungsvorgängen haben wir erkannt, daß die Ausdehnung und Zusammenziehung des Glases infolge Temperaturänderungen für die Entwicklung von Zug- und Druckkräften eine große Rolle spielt. Die bekannte Zerbrechlichkeit des Glases bei stärkeren und plötzlichen Temperaturschwankungen ist in der Tat nur insofern von den Betrachtungen des vorigen Abschnittes verschieden, als die zur Zerstörung führenden Kräfte hierbei nicht rein mechanisch, sondern infolge verschiedenartiger Ausdehnung und Zusammenziehung des Glases hervorgerufen werden. Man hat in diesem Zusammenhang von einer mehr oder weniger geringen Wärmefestigkeit des Glases gesprochen. Außer von den rein mechanischen Größen: Elastizität, Zugfestigkeit, Sprödigkeit, wird diese abhängen von dem Ausdehnungsvermögen und der Wärmeleitfähigkeit des Glases.

Offenbar werden sich die Temperaturunterschiede, und damit ungleichmäßige Ausdehnungen und Zusammenziehungen, in einem Stoffe um so rascher ausgleichen, je größer sein Wärmeleitungsvermögen ist. Die nach mehreren Methoden, insbesondere an den verschiedenartigsten Jenaer Gläsern gemessenen Werte dieser Leitfähigkeit weichen bei den Schwierigkeiten derartiger Bestimmungen erheblich von einander ab. Immerhin kann man annehmen, daß die Zahlen für Gläser etwa zwischen 150—300 liegen, während Metalle ungleich größere Zahlen aufweisen, so z. B. Kupfer 100 000, Aluminium 35 000, Zink 27 000, Eisen 10—16 000, Blei 8500. Am günstigsten von allen Gläsern ist wieder das Quarzglas mit einer Leitfähigkeit von etwa 330; selbst gegenüber dem schlecht leitenden Blei ist aber diese Zahl dennoch sehr klein. Da zwischen Lichtdurchlässigkeit, elektrischem und Wärme-Leitvermögen ein Zusammenhang besteht, wird man auch nicht hoffen dürfen, ohne Aufgabe wesent-

licher Eigenschaften des Glases durch Änderung seiner Zusammensetzung eine merkliche Steigerung der obigen Zahlen zu erreichen.

Es verbleibt somit zur Verbesserung der Wärmefestigkeit nur noch der Weg, das Ausdehnungsvermögen des Glases zu verringern. Der Ausdehnungskoeffizient gewöhnlichen Glases (etwa $0{,}0_4100$) ist nun ohnehin schon kleiner als der vieler Metalle (Aluminium $0{,}0_4250$, Eisen $0{,}0_4120$, Zink $0{,}0_4170$, Zinn $0{,}0_4270$). Das Quarzglas aber, das auch in mechanischer und thermischer Beziehung, wie wir sahen, recht günstige Eigenschaften aufweist, stellte immer wieder der Glasschmelzerei ein hohes Ziel mit seinem äußerst niedrigen Ausdehnungskoeffizienten von $0{,}0_4005$. Vom Quarzglas kann man daher bekanntlich auch mit Recht sagen: es ist wärmefest; rotglühend läßt es sich in Wasser tauchen, ohne daß es zerspringt. Auf sonstige unangenehme Begleiterscheinungen, die schließlich doch seine Zertrümmerung herbeiführen, soll hier nicht näher eingegangen werden.

Die Herstellung von Quarzglas ist infolge seiner Schwerschmelzbarkeit auch wohl in Zukunft in der erforderlichen Mannigfaltigkeit und Billigkeit der Gegenstände mit den Mitteln der Glasindustrie, zumal wenn es sich um durchsichtiges Glas und nicht nur um durchscheinendes Quarzgut handeln soll, nicht möglich. Das Ziel konnte nur sein, ihm in bezug auf Wärmefestigkeit möglichst nahe zu kommen. Dies gelang schon im Jahre 1893 dem Jenaer Glaswerk mit dem Schottschen Zylinderglas, durch das der Siegeszug des Auerschen Glühlichtes erst möglich wurde. Die raschen Erhitzungen und Abkühlungen beim Entzünden und Auslöschen des Gasglühlichtes vertrugen die damals bekannten Gläser auch nicht im entferntesten. Die Zugzylinder aus dem neuen Jenaer Glase genügten aber nicht nur beim Gebrauch völlig den Anforderungen, sondern hielten sogar das Anspritzen mit kaltem Wasser ohne Schaden aus, während innen der Auerstrumpf glühte.

Seit dieser Zeit sind vom Jenaer Glaswerk eine ganze Reihe verschiedenartiger wärmefester (in diesem Sinne unzerbrechlicher oder doch schwer zerbrechlicher) Gläser erfunden worden. Einige von ihnen sind unter den folgenden Markennamen bekannt geworden und haben vielseitige Anwendung gefunden, so z. B. als Thermometergläser, die außerdem weitgehende Unveränderlichkeit des Eispunktes und andere wünschenswerte Eigenschaften aufweisen, Verbindungsgläser zum Verschmelzen von Quarzgefäßen mit gewöhnlichem Glas, Gerätegläser, die außerdem auch gegenüber dem Angriff von Wasser, Alkalien und Säuren die größte Widerstandsfähigkeit zeigen und endlich typisch wärmefeste Gläser wie Tempax, Suprax, Supremax und in neuerer Zeit „Duraxglas“ für Backschüsseln und andere Geräte für die Hauswirtschaft.

Die Ausdehnungen dieser Gläser sind:

	$\alpha . 10^7$
Thermometerglas 59 III	56
Geräteglas 20	45
Suprax	37
Tempax	36
Supremax 1565 III	35
Durax 3816 III	33
Verbindungsglas 6	38
„ 5	34
„ 4	29
„ 3	25
„ 2	18
„ 1	13

Die Frage der wärmefesten Gläser war also längst gelöst, als nach dem Kriege durch wildeste Reklame „unzerbrechliche“ Gläser mit den wunderlichsten Eigenschaften unter Namen wie Silex, Vulkanit, Pyrex, Resista und anderen angepriesen wurden. Insbesondere das Pyrexglas aus dem Land der unbegrenzten Möglichkeiten und der geschicktesten Reklame war das Wunder des Tages und der Gegenstand märchenhaftester Beschreibung, selbst in deutschen Fachzeitschriften. Die nüchterne Betrachtung des Bekanntgewordenen läßt folgendes aussagen, z. B. über Pyrex, um eins der vielen herauszugreifen und weil hierüber nähere Angaben wirklich vorliegen.

Es handelt sich um Borosilikatglas, reichlich ähnlich zusammengesetzt einigen der obigen Jenaer Gläser, und zwar insofern im Sinne des Glastechnikers verschlechtert, als es bei sehr hohen Temperaturen verarbeitet werden muß und dabei dennoch reichlich zäh ist. Die Schwierigkeiten, die infolgedessen bei der Herstellung insbesondere dünnwandiger Gefäße entstanden, hat man geschickt ausgenutzt, indem man die größere Bruchfestigkeit derartiger dickerer Gläser beim Gebrauch im chemischen Laboratorium als einen großen Erfolg hinstellte. Die Erfahrung zu machen, daß dabei aber die gerade auch in Deutschland nötige weitgehende Ausnutzung der Wärme des Bunsenbrenners verhindert wurde, überließ man dem von so viel Vorzügen geblendeten Käufer. Daß für chemische Arbeiten die möglichst weitgehende Unlöslichkeit der benutzten Gefäße (Pyrexglas wird stärker von alkalischen Lösungen angegriffen als z. B. Jenaer Geräteglas 20) ungleich wichtiger ist als die praktisch in den allermeisten Fällen nicht benutzte und daher überflüssige Verkleinerung der Ausdehnung, ist ein weiterer Punkt, der nicht Beachtung fand.

Der Ausdehnungkoeffizient des Pyrexglases wird häufig mit $\alpha . 10^7 = 32$ angegeben. Seltsamerweise, aber ehrlicher, teilen die Franzosen, die den Vertrieb des Pyrexglases für Europa übernommen haben, in ihrem Prospekt für die Ausdehnung $\alpha . 10^7 = 33{,}4$ mit. Messungen an Pyrexschüsseln nach zwei verschiedenen Methoden und in verschiedenen Laboratorien haben er-

geben $\alpha \cdot 10^7 = 35$—37, in einer englischen Literaturstelle findet sich $\alpha \cdot 10^7 = 37{,}2$.

Auf die übrigen mechanischen und thermischen Eigenschaften einzugehen verlohnt nicht, da kleinere Unterschiede bei der Schwierigkeit der meisten derartigen Messungen nichts besagen wollen und außerdem wegen der Ähnlichkeit der Zusammensetzung mit den bekannten Jenaer Gläsern und der durchweg geringen Beeinflußbarkeit dieser Eigenschaften eine größere Abweichung ausgeschlossen erscheint.

Fassen wir das Gesagte kurz zusammen, so ergibt sich, daß die Herstellung eines hämmerbaren Glases, auch in Zukunft, wegen der Sprödigkeit so gut wie ausgeschlossen erscheint. Eine Verbesserung der mechanischen Festigkeit ist für einige Anwendungszwecke (z. B. Grubenzylinder, Wasserstandsgläser, Preßhartglas) in der Praxis schon längere Zeit bekannt. Dasselbe gilt für die Steigerung der Wärmefestigkeit. Es ist daher in gewissem Sinne durchaus richtig, von unzerbrechlichem oder doch schwer zerbrechlichem Glas zu sprechen.

Es war wohl nicht unberechtigt, einmal näher auf diese Fragen einzugehen und zu zeigen, daß die deutsche Industrie, wenigstens auf diesem Gebiete, nach wie vor vollkommen leistungsfähig ist, und daß wir uns durch reklamehafte Berichte über fabelhafte auswärtige Erfolge, insbesondere auch in deutschen Zeitschriften nicht verblüffen zu lassen brauchen.

Besprechungen.

Krebs, Norbert, Beiträge zur Geographie Serbiens und Rasciens. Stuttgart, J. Engelhorns Nachf., 1922. 226 S. und 16 Taf. 15 × 23 cm.

Den Heeren der Mittelmächte, die während des Weltkrieges weit nach Osteuropa, Kleinasien und Mesopotamien vorgedrungen waren, folgte überall die deutsche Wissenschaft auf dem Fuße nach. Das geschah nicht etwa nur im praktischen Interesse der Kriegführung, sondern vor allem in Betätigung des Forschungsdranges, dem weiter zu folgen jetzt den Angehörigen der besiegten Länder so überaus schwer gemacht wird. Um so mehr darf man mit Stolz auf die Erfolge hinweisen, die auch auf diesem Gebiete von deutscher und österreichischer Seite in schwerer Zeit erzielt wurden.

Besonders die in vieler Hinsicht interessante und dabei wenig bekannte *Balkanhalbinsel* war während des Krieges der Gegenstand eingehender Studien auf fast allen Wissensgebieten; geographische, archäologische, volkskundliche, geologische, botanische und zoologische Forschungen standen dabei im Vordergrund. Die deutsche landeskundliche Kommission für Mazedonien und die österreichischen Expeditionen von Seite der Akademie der Wissenschaften sowie der geographischen Gesellschaft in Wien leisteten eine Fülle wertvoller Arbeit, von der bereits viel in die Öffentlichkeit gelangt ist. Auch Ungarn und Bulgarien beteiligten sich an der wissenschaftlichen Erschließung der Kriegsgebiete.

Dazu kamen die Arbeiten der deutschen und österreichischen Vermessungsabteilungen, die ein vorzügliches Kartenmaterial für viele vorher fast unbekannte Gegenden lieferten. Rechnet man dazu, daß die Kriegsgeologen im ganzen mehr als zwei Jahre an der Front und im Hinterlande tätig waren, so kann man sagen, daß die Balkanhalbinsel nie zuvor so gründlich der Wissenschaft erschlossen wurde, wie in der Zeit, als der Kampf an der mazedonischen Front geführt wurde. In den Verhandlungen des Deutschen Geographentages Leipzig 1921 ist kurz über die mannigfachen Forschungsunternehmungen berichtet[1]).

[1]) Zu erwähnen ist hier auch das im Erscheinen begriffene Werk „Die Kriegsschauplätze 1914—1918“, herausgegeben von *Wilser*, Verlag Bornträger, Berlin. Es bringt ein Heft über die zentrale Balkanhalbinsel von *Koßmat*, eines über Ostmazedonien und Kleinasien von *Erdmannsdörfer, Leuchs, Oßwald, Wurm, Lebling* und *Range*.

Der Verfasser des vorliegenden Buches hatte in der Zeit, als er noch Dozent in Wien war, mit Unterstützung der dortigen geographischen Gesellschaft und der Akademie der Wissenschaften zwei Studienreisen 1916 und 1917 unternommen, um eine Darstellung Serbiens zu entwerfen. Nicht ein Lehrbuch sollte daraus hervorgehen, sondern ein lebendiges landeskundliches Bild, entstanden auf Grund der frischen Reiseeindrücke, mit denen sich gewissenhafte Literaturstudien verbanden. Rückblicke auf die historische Entwicklung des Landes und Gedanken über die voraussichtliche Weitergestaltung sind reichlich in die Schilderungen hineingearbeitet. Das Buch ist besonders deshalb anregend, weil es die Besiedlungsverhältnisse und zum Teile auch die politischen Ereignisse in enge Beziehungen zur Lage, zum Aufbau und der Oberflächengestaltung der Landschaften setzt. Es wird so ein natürlicher Rahmen für die bunten Ereignisse geschaffen, die über dieses Grenzland zwischen dem mitteleuropäischen Donaugebiet und dem mediterranen Orient hinweggingen.

Schon die ersten Kapitel, die eine Erörterung der geographischen Lage *Belgrads* bringen, geben uns Einblick in diese Art der Darstellung, die den Menschen in seiner Abhängigkeit von dem Ineinandergreifen der verschiedenen geographischen Faktoren schildert. Eignet sich doch dafür gerade die Balkanhalbinsel, in der verhältnismäßig einfache, der Natur angepaßte Lebensverhältnisse vorherrschen und wo die Bauern- und Hirtenbevölkerung überwiegt. Selbst die Kriegsschauplätze zeigten in diesem Lande, sobald man aus dem Gebiet der Anfangskämpfe an der serbischen Nordgrenze und der Endkämpfe an der mazedonischen Front herauskam, nur geringe Spuren der Ereignisse, die über sie hinweggegangen waren. „Und das ist das Tröstliche daran, daß wir, die wir wenige Monate nach dem Feldzug ein Kriegsgebiet durchreisen konnten, uns davon zu überzeugen vermochten, wie wenig doch die Menschen wirklich vernichten können an wirklichen Gütern, wie wenig überhaupt ihr Wirken und Schaffen bedeutet vor der Allgewalt der Natur und natürlichen Lebens!“ das ist der Eindruck, den *Krebs* aus Serbien mitnahm.

Belgrad, die Hauptstadt Serbiens, das sich jetzt zu einem Reiche von 250 000 km² mit 12 Millionen Einwohnern erweitert hat, ist durch die Ereignisse aus seiner ihm von der Natur zugewiesenen Rolle herausgewachsen. Seine Hauptbedeutung lag in der Grenz-

stellung, die es bis zu einem gewissen Grade zu einem Eingangstor mitteleuropäischer Kultureinflüsse in den Orient machte. Ein wirklicher Ausgleich war noch nicht gefunden; *Krebs* schildert kurz und treffend das eigenartig disharmonische Bild, das Belgrad, wie noch manche andere Städte des europäischen Ostens, dem Beobachter darbot.

Die Entwicklung des serbischen Staatenwesens erfolgte in südlicher gelegenen Gebieten. Hier lagen die ältesten Zentren der Serben im westlichen Moravagebiet sowie im Kreis von Mitroviza und Novipazar. *Krebs* gebraucht für die letztgenannten Landstriche die Bezeichnung Rascien (nach dem in den Ibar mündenden Raskaflusse, der durch Novipazar fließt). Die Bezeichnung ist jedenfalls dem vielfach mißverständlich gebrauchten Namen „Altserbien" vorzuziehen, denn bei diesem könnte man leicht an das Königreich Serbien in seinem Umfang vor dem Balkankriege denken.

In Rascien blühte das mittelalterliche Nemanjidenreich, das durch das Amselfeld ins Vardargebiet bei *Üsküb* (Skoplje) und im Westen bis in das Gebiet des weißen Drin mit den alten Städten *Ipek* und *Prizren* reichte. Als die Türken nach Zerstörung des Nemanjidenreichs (Amselfeldschlacht 1389) vordrangen, verlegte sich das Schwergewicht des Serbentums in die Randgebiete der Save- und Donauniederungen, bis es auch hier unterlag. Die Wiedereroberung ging von den schwer zugänglichen Waldgebieten der Schumadia bei Kragujevac aus. Das Zurückziehen auf derartige Schutzlagen und die Neueroberung von ihnen aus spielt überhaupt in den Wechselfällen der politischen Gestaltung Südosteuropas eine große Rolle.

Ein natürliches Zentrum des ganzen jugoslawischen Reiches wird Belgrad nie werden; dazu ist seine Lage zu peripherisch. Die lokalen Zentren werden in gewissem Sinne seine Nebenbuhler bleiben. Sehr interessant sind auch die Bemerkungen, die *Krebs* über das Zusammentreffen und die teilweise Vermischung albanischer, slawischer und walachischer Elemente im serbischen Volke macht.

Es würde selbstverständlich unmöglich sein, im übrigen auf den Inhalt des Buches näher einzugehen. Die Darstellung hält sich an die Landschaftsgliederung Serbiens. Sie beginnt von den Randgebieten des pannonischen Beckens, geht dann über auf die Gebirge und Beckenlandschaften Mittelserbiens, schließlich auf das erst während des Krieges näher erforschte „Rascien" und die benachbarten Hochländer, die sich einerseits in der Richtung nach Montenegro, anderseits nach Bosnien anschließen. Sehr großes Gewicht legt *Krebs* auf die geologischen Grundlagen des Landschaftsbildes. Für die morphologische Analyse der Gebirgsgestaltung bietet Serbien sehr interessantes Tatsachenmaterial. Man kann, von den Randgebieten des pannonischen Beckens ausgehend, sehr schön die Oberflächenformen (besonders Einebnungsflächen und Terrassen) verfolgen, die den verschiedenen Stadien der neueren Erdgeschichte, Tertiär und Quartär, angehören. Auf diesem Gebiete hatte schon Prof. *Cvijić* wichtige Vorarbeit geleistet.

Die Auswahl der photographischen Landschaftsbilder, ferner die zahlreichen charakteristischen Kärtchen, die teils morphologische und geologische, teils siedlungsgeographische Züge zum Ausdruck bringen, erleichtern es dem Leser sehr, sich mit dem Stoff rasch vertraut zu machen. Es ist staunenswert, wie viel Beobachtungsmaterial auf den beiden Reisen des Verfassers gewonnen und unter Berücksichtigung der Literatur zu einem lebendigen Gesamtbild des Landes im Westen der Orientbahnlinie Belgrad—Nisch verarbeitet wurde. Das Buch stellt einen wertvollen und an neuen Gesichtspunkten reichen Beitrag zur geographischen Literatur der Balkanhalbinsel dar.

F. Koßmat, Leipzig.

Roth, Walther A., und Karl Scheel, Landolt-Börnstein Physikalisch-chemische Tabellen. Fünfte, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Berlin, Julius Springer, 1923. XII, 1695 S. und 1 Bildnis. Preis 106 Goldmark.

Die vierte Auflage des jetzt in der fünften vorliegenden Tabellenwerkes erschien im Jahre 1912. Sie wurde im ersten Bande der „Naturwissenschaften" (Seite 218) angezeigt. Die Tabellen befinden sich in den Händen nahezu eines jeden, der auf physikalischem oder chemischem Gebiet experimentell arbeitet oder die Ergebnisse des Experiments theoretisch zu verwerten sucht. So konnte die Besprechung ihre Aufgabe nur darin sehen, dem größeren, über den Kreis der direkt Beteiligten hinausgehenden Leserkreis dieser Zeitschrift eine Vorstellung von der Entstehung, dem Ziel und der Bedeutung des Werkes zu geben, das von einer besondern Seite her einen Einblick in die Technik der modernen Forschung gewährt, indem es den Grundsatz, den diese den experimentellen *Hilfsmitteln* gegenüber bewährt gefunden hat, auf die *Ergebnisse* des Experiments überträgt — den Grundsatz, daß jedem Forscher das, was vor ihm für seinen Zweck Dienliches bereits erledigt worden ist, in möglichst bequem zugänglicher Form zu Gebote stehen soll.

In Ergänzung des damals über die Bedeutung Gesagten, die das Werk im Laufe der Zeit gewonnen hat, sei hier mitgeteilt, daß das Fehlen der Tabellen, als sie nach dem Kriege vergriffen waren, in Wissenschaft und Technik empfunden wurde, so daß als vorläufige Abhilfe ein mechanischer Neudruck der vierten Auflage veranstaltet werden mußte. Der raschen Gestaltung einer Neubearbeitung standen nicht nur äußere Gründe in den allgemeinen Unbilden der Zeit entgegen, sondern auch innere: das stürmische Tempo, in welchem Inhalt und Umfang der Wissensgebiete anwuchs, deren Ergebnisse — soweit sie sich zahlenmäßig darstellen lassen — hier ihre kürzeste Zusammenfassung finden sollten. Die neuen Erkenntnisse, die im letzten Jahrzehnt des abgelaufenen Jahrhunderts gewonnen worden waren, hatten sich in verschiedenen Richtungen ausgewirkt. Vor allem hatte das Bild, zu dem die Forschungen nach der Struktur der Materie gelangt waren, in der „Atomphysik" eine wesentliche Vertiefung erfahren.

So war eine völlige Neubearbeitung des Werkes erforderlich geworden. Eine größere Anzahl von Mitarbeitern war ausgeschieden und es mag nicht geringe Mühe verursacht haben, hier Ersatz und darüber hinaus Ergänzungen für die neu einzufügenden Teile zu finden. Das im Titel wiedergegebene Verzeichnis der Namen gibt dem Kundigen Aufschluß darüber, wie weitgehend die Forderung erfüllt werden konnte, daß das Recht zur Kritik an überlieferten Daten nur durch eigene wissenschaftliche Tätigkeit in dem betreffenden Spezialgebiet erwiesen wird. Einen lehrreichen Einblick in die Entwicklung der Wissenschaft gibt ein Vergleich der Inhaltsübersichten der früheren und der neuen Auflage. Es seien von hinzugekommenen Abschnitten genannt: „Plancksches Wirkungselement", „Strahlungskonstanten", „Anregungs- und Ionisierungsspannungen ein- und mehrwertiger Gase und

Dämpfe“, „Zahlenwerte der Terme von Spektralserien“, „Kristallstrukturen“, „Durchgang von Elektronen durch Materie“, „Resonanzwellenlängen der selektiven lichtelektrischen Wirkung“. Ebenso gibt manche Umgruppierung älterer Abschnitte Zeugnis von der Wandlung, die in der Auffassung von Tatsachen eingetreten ist. Am meisten eingreifend hat hier wohl das Bestreben gewirkt, dem Forscher auf dem bevorzugten Gebiete der Atomphysik die von ihm benötigten Daten bequem übersehbar darzubieten. So ist der Abschnitt „Atomphysik, Spektrum“ mit seinen dreiundzwanzig Tabellen entstanden, dem man bald anmerkt, daß hier als Wegweiser ein im Gelände besonders erfahrener Führer — *E. Regener* — am Werke war. Der Abschnitt ist auch als Sonderdruck erschienen, und man kann einem fortgeschrittenen Studierenden, der sich Rechenschaft ablegen möchte, wie weit er in das Gebiet eingedrungen ist, kaum Besseres empfehlen, als die Durchsicht des Textes zu diesen Tabellen. Man findet sich im Hinblick auf die gegebene Begründung damit ab — und man kann es mit einigem Humor als symbolisch auffassen —, daß die „Atomphysik“ allerhand verschlungen hat, was man früher an anderer Stelle zu finden gewohnt war. So sind mehrere Tabellen aus der „Optik, Absorption, Reflexion, Brechung“ zur „Atomphysik“ abgewandert.

Hier erweist es sich als nützlich, daß das alphabetische Inhaltsverzeichnis eine erhebliche Erweiterung erfahren hat. Sie könnte zum Vorteil des Werkes noch weitgehender sein. Der Referent suchte eine Zusammenstellung von Substanzen, die sich zu Fixpunkten für sehr tiefe Temperaturen eignen. In der früheren Auflage folgte im Hauptabschnitt „Kältemischungen und Erzeugung konstanter Temperaturen“ auf die Tabelle „Fixpunkte für thermometrische Messungen“ das Gesuchte unter der Überschrift „Herstellung konstanter Temperaturen durch Siedenlassen von Flüssigkeiten unter vermindertem Druck“. Jetzt sucht man es vergeblich in dem Kapitel „Thermometrie“ und findet es mit Hilfe des alphabetischen Inhaltsverzeichnisses schließlich unter „Siedepunkte bei verschiedenen Drucken“ mit dem Titel „Zur Herstellung konstanter Temperaturen durch Siedenlassen unter vermindertem Druck geeignete Stoffe“ in dem Kapitel „Sättigungs- und Reaktionsdrucke“. Ein Hinweis unter „Fixpunkte für tiefe Temperaturen“ wäre da wohl am Platze gewesen.

Die Herausgeber fordern ja die Mitarbeit der Benutzer, vor allem auch für den Fall, daß doch trotz aller Sorgsamkeit sich Irrtümer eingeschlichen haben. Der Referent möchte hier gleich einen Beitrag liefern. Seite 807 sind unter „Strahlungsquellen für das Ultraviolett“ die Schwingungszahlen für Poulsenschwingungen, Lichtbogen zwischen Eisenelektroden, Quarz- und Uviolquecksilberlampe sämtlich um eine Zehnerpotenz zu niedrig angegeben. Die Tabelle verzeichnet Å. E., die Angaben bedeuten aber m μ.

Der Druck der Tabellen ist musterhaft. Die Übersichtlichkeit der Anordnung wird überall unterstützt durch die Verwendung verschiedener, immer höchst klarer Typen, die das Zusammengehörige sofort erkennen lassen. Papier und Einband der zwei handlichen Bände sind erstaunlich gut. Soll ja doch auch das Werk so bald nicht durch eine Neuauflage ersetzt werden. Vielmehr besteht der Plan, in Abständen von rund zwei Jahren Ergänzungsbände herauszugeben, welche die inzwischen veröffentlichten Daten aufnehmen und etwa vorhandene Lücken ausfüllen sollen.

Die vorige Auflage schmückte ein Bild von *Landolt*; in dieser wird in gleicher Weise des nun auch heimgegangenen *Börnstein* gedacht.

Die verdienstvollen Herausgeber, die Herren *Roth* und *Scheel* dürfen mit Genugtuung auf das Ergebnis ihrer entsagungsvollen Arbeit blicken. Und auch der Leistung des Verlegers würde Dank und Anerkennung ausgesprochen werden müssen, wenn nicht die Stelle, für die diese Besprechung bestimmt ist, hier Zurückhaltung auferlegte. Das Werk wird in der ganzen Welt benutzt werden und man möchte wohl erfahren, wie die Fachgenossen in den verschiedenen Ländern sich darüber äußern. Vielleicht in der üblichen, den Stolz des Gebenden schließlich aber doch am meisten befriedigenden Form, die die deutsche Leistung als selbstverständlich hinnimmt und sie ausgiebig benutzt — ohne daß man Veranlassung nimmt, viel Aufhebens davon zu machen. *Alfred Coehn, Göttingen.*

Hantzsch, A., Die Theorie der ionogenen Bindung als Grundlage der Ionentheorie. Nach Versuchen über die Natur der nicht ionisierten Säuren. Leipzig, Verlag Chemie, 1923.

Dieses Büchlein, dessen wesentlicher Inhalt vom Verfasser auf der Leipziger Naturforscherversammlung vorgetragen und sodann in der Zeitschr. f. Elektrochemie veröffentlicht wurde, gewährt den ganzen Reiz, den eine neue, von einem überragenden, ebenso intuitiven wie kenntnisreichen Forscher mit der Kraft der eigenen Überzeugung dargelegte Theorie bieten kann. Niemand, der sich mit dem Wesen der Elektrolyte beschäftigt, wird an dieser Abhandlung vorübergehen können, schon allein der vielen neuen Tatsachen wegen, an deren Auffindung sich die heuristische Kraft der Theorie bewährt hat, Tatsachen, die zumeist auf dem Gebiete der konzentrierten Lösungen oder der reinen unverdünnten Säuren liegen und daher von der ersten Generation der Physikochemiker, den „dilute solutionists“, wie sie einmal treffend genannt worden sind, meist unbeachtet geblieben sind. Von den theoretischen Deutungen des Verfassers in dieser und seinen früheren einschlägigen Arbeiten scheint am sichersten begründet die Unterscheidung zwischen „echten Säuren“ und „Pseudosäuren“, die ja auch in die neuen Anschauungen *Bjerrums* u. a. über vollständige Dissoziation der starken Elektrolyte als notwendige Voraussetzung zur Erklärung der mittelstarken und schwachen Säuren eingeht. Gegenüber den weitergehenden Schlußfolgerungen des Verfassers wird voraussichtlich mancher Zweifel laut werden. Es ist hier nicht der Ort, die Theorie von *Hantzsch* einer kritischen Würdigung zu unterziehen, aber vielleicht gestattet, darauf hinzuweisen, daß die Arbeit den Gegnern der neuen Anschauung zwei Angriffspunkte bietet, einen methodischen und einen begrifflichen. Die Messungen beziehen sich zum großen Teile auf Katalysen in konzentrierten Lösungen oder auf Reaktionen zwischen festen Stoffen und Flüssigkeiten oder auf Gleichgewichte in nichtwässerigen Lösungsmitteln: das sind alles Fälle, bei denen die einfachen Gesetze der klassischen Physikochemie — auch unabhängig von der Anwesenheit von Elektrolyten — nicht ohne weiteres anwendbar sind, so daß man sich hier auf unsicherem Boden fühlt. Was aber die Begriffe „ionogene Bindung“, „nicht ionisiert“ usw. angeht, so wird der Skeptiker sagen: Erst wenn die Elektronentheorie so weit entwickelt ist, daß sie uns ein brauchbares Bild der Bindung der Atome zu einer Molekel und der Dissoziation einer Molekel in Ionen liefert, wird man derartige Unterscheidungen begründen können; bei dem heutigen Stande wird es mancher vorziehen, die an den Gitterpunkten des Stein-

salzkristalles sitzenden Gebilde oder auch die Wasserstoffatome einer homogenen flüssigen echten Säure als „Ionen“ und nicht als „ionogen gebunden“ zu bezeichnen, auch wenn sie sich in bezug auf Leitvermögen, katalytische Wirkung und chemische Aktivität anders verhalten als die gleichen Ionen in verdünnten wässerigen Lösungen. Doch mag dem so sein, lehrreich bleibt es unter allen Umständen, die Dinge auch einmal von der anderen Seite zu betrachten, und vielleicht wird einer späteren Generation der jahrzehntelange Streit um das Wesen der Säuren und der Elektrolyte überhaupt ähnlich vorkommen, wie uns die rasch wechselnden Theorien der organischen Verbindungen aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts: Radikaltheorie, Kerntheorie, Typentheorie usw., die doch alle nur unter verschiedenen Gesichtswinkeln dasselbe Bild beschrieben haben, das uns heute bereits so klar ist, wie es späteren Forschern die Natur der Säuren sein wird.

Fr. Auerbach, Berlin-Halensee.

Stoklasa, Julius, Die Beschädigungen der Vegetation durch Rauchgase und Fabrikexhalationen. Berlin und Wien, Urban und Schwarzenberg, 1923. XXIV, 487 S., 36 Abb. und 21 Tafeln. 17 × 25 cm. Preis geh. 16,80, geb. 20,65 Goldmark.

Auf sehr breiter, durch eine Fülle eigener Experimente gestützter Grundlage behandelt *Stoklasa* die Schädigungen der Vegetation durch Rauch, eine Frage, die sowohl für die landwirtschaftliche wie auch die forstliche Praxis von der größten Bedeutung ist. Es handelt sich dabei in erster Linie um die Wirkung von SO_2- und SO_3-Dämpfen, wozu in untergeordnetem Maß auch noch das Selen hinzutritt. Diese Stoffe werden vor allem durch die Fabrikschornsteine der Luft zugeführt. Wie stark auch der Eisenbahnbetrieb mitwirkt, geht aus einer Berechnung von *Thörner* hervor, wonach eine Lokomotive pro Fahrstunde 2,25—2,5 kg freie Schwefelsäure und schweflige Säure produziert. *Stoklasa* hat nun, um die Art der Wirkung zu präzisieren, zahlreiche Versuche angestellt mit landwirtschaftlichen Versuchspflanzen, Gartengewächsen und Waldbäumen und konnte für die verschiedenen Gattungen recht wechselnde Grade der Resistenz feststellen. Die toxische Wirkung ist in hohem Maße von äußeren Faktoren (Feuchtigkeit, Licht usw.) abhängig. Sie nimmt mit dem Alter der Versuchspflanzen ab. Je nach dem Krankheitsbild kann man akute, chronische und unsichtbare Schäden unterscheiden; die letzteren äußern sich bloß in einer Verminderung des allgemeinen Zuwachses, ohne zu spezifischen Krankheitserscheinungen zu führen. Die Schädigung beruht im wesentlichen darauf, daß durch den Einfluß der schwefligen Säure das Chlorophyll abgebaut und damit die Assimilationstätigkeit unterbunden wird. Damit steht es auch im Zusammenhang, daß die Toxizität bei starker Assimilation am größten ist. So weist sie bei den Nadelhölzern im Winter ein Minimum, im Frühjahr ein Maximum auf. Der Einfluß der Rauchgase äußert sich auch auf die Mikroorganismenwelt im Boden. So ergaben z. B. Versuche, daß in Bodenproben, die aus der Nachbarschaft von Tunnels stammen, die Zahl der Bakterienkeime ganz wesentlich herabgesetzt ist. Welches Ausmaß die Rauchschäden in der freien Natur erreichen können, das wird in einem besonderen Kapitel, das sich auf ein paar herausgegriffene Kohlengebiete bezieht, an der Hand einiger charakteristischer Vegetationsbilder erläutert. Weiterhin behandelt *Stoklasa* die quantitative Bestimmung von Schwefelsäure und schwefliger Säure im Boden, in der Luft und in den Pflanzenorganen selbst. Es zeigt sich, daß tatsächlich in den geschädigten Organen eine beträchtliche Speicherung der Rauchgase stattfindet, die das Erkranken verständlich macht. Zum Schlusse bespricht *Stoklasa* die Palliativmittel und technischen Vorkehrungen zur Verminderung bzw. Beseitigung der Gaswirkung, die bei den verschiedensten Staaten schon in gesetzlichen Maßnahmen ihren Niederschlag gefunden haben.

P. Stark, Freiburg i. B.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Fortschritte in der Röntgenstrahlenuntersuchung dicker Metallstücke durch Verwendung bewegter Blenden.

Der Anwendung der Röntgenstrahlen für die Untersuchung von Metallstücken auf Fehlstellen sind zwei Grenzen gesetzt,

1. durch die Absorption,
2. durch die Streuung.

Die erstere Grenze läßt sich durch Steigerung des Durchdringungsvermögens, d. h. durch Erhöhung der an die Röntgenröhre angelegten Spannung, immer mehr hinausschieben; so ist es heute schon möglich, in einer Viertelstunde einen 8 cm dicken Eisenblock zu photographieren.

Die zweite Grenze zu erweitern, wurde bisher nicht versucht, obgleich es sich um eine Frage von nicht geringer praktischer Bedeutung handelt. Die in dem Metallstück entstehende Streustrahlung bewirkt eine Verschleierung des Bildes, so daß die geringen Kontraste kleiner Einschlüsse nicht mehr erkennbar sind. Verringerung der Streustrahlung bedeutet somit eine Erhöhung der Genauigkeit der Untersuchung.

In der medizinischen Röntgendiagnostik werden neuerdings Streustrahlenblenden angewandt, die sich zwischen dem Untersuchungsobjekt und der photographischen Platte befinden. Den verschiedenen Konstruktionen von *Bucky*, *Porter*, *Akerlund* u. a. gemeinsam ist der Gedanke, durch Fächer mit stark absorbierenden Trennwänden die schief auftreffenden Streustrahlen von der Platte abzuhalten, wobei durch eine passende Bewegungsform der Blende verhindert wird, daß sich die Fächerwände auf der Platte abbilden.

Bei einer Verwendung dieser Blenden für die Zwecke der Metalluntersuchung ergeben sich verschiedene Schwierigkeiten, die in der geringeren Tiefenausdehnung des Objektes, der Kleinheit der nachzuweisenden Absorptionsunterschiede und in der Kurzwelligkeit der benutzten Röntgenstrahlung begründet sind. So ist Blei als Blendenmaterial hier ganz ungeeignet, da seine kurzwellige Eigenstrahlung stark angeregt wird.

Die Gesichtspunkte, die für eine Streustrahlenblende zur Metalluntersuchung maßgebend sein müssen, werden an anderer Stelle dargelegt werden. Hier sei nur ein Beispiel angeführt, um zu zeigen, welche Fortschritte mit Hilfe einer zweckmäßig gebauten Blende erreicht werden können:

Mit einer rotierenden Blende aus spiralig angeordneten Zinnbändern (Dicke 2 mm, Höhe 20 mm, radialer Abstand 5 mm) konnte bei einem 10 cm dicken Aluminiumblock eine auf der plattenfernen Seite eingefräste Nute von 0,3 mm Tiefe noch nachgewiesen werden, während ohne Blende die kleinste, sichtbare Nute 1,0 mm tief war. Die Verlängerung der Exposi-

tionszeit betrug 1:1,8. Die Genauigkeit der Untersuchung wurde im Verhältnis 1 : 3 verbessert (kleinster nachweisbarer Absorptionsunterschied 0,3 % gegenüber 1,0 %). — Bei einem 6 cm dicken Eisenklotz ergab sich eine Erhöhung der Genauigkeit im Verhältnis 1:2,5.

Weitere Untersuchungen über die zweckmäßigste Form der Blenden (Bandblenden, Bohrlöcherblenden, Vereinigung von Spiral- und Radialblenden) sind im Gange.

Stuttgart, den 27. Dezember 1923.

R. Glocker. R. Berthold. Th. Neeff.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Der Inzuchtschaden, sein Wesen und seine Beseitigung. In den Zoologischen Jahrbüchern Abt. für Physiol. und Zoologie, Bd. *39*, Heft 4, 1923, veröffentlicht *R. Demoll* soeben eine Hypothese, die sich mit dem Wesen des Inzuchtschadens befaßt. Diese Hypothese ist deshalb um so beachtlicher, weil die Erklärungsversuche auch durch Experimente gestützt sind. Es ist *Demoll* auf Grund seiner Vorstellungen gelungen, ein Mittel zu finden, welches den Inzuchtschaden beheben kann, soweit sich seine speziellen Versuche bis jetzt übersehen lassen. *Demoll* geht von der Vorstellung aus, daß *Inzucht schädlich wirken kann, aber nicht schädlich wirken muß.* Er faßt das Individuum, welches aus Ei und Samenzelle hervorgeht, als Doppelwesen auf. Die im Ei bzw. Samen enthaltenen und gebildeten Protoplasmen und Sera wirken wie Fremdkörper, d. h. giftig aufeinander. Nach den Vorstellungen von *Demoll müssen* Entgiftungsreaktionen ausgelöst werden, soll die Entwicklung normal ablaufen. Im Embryo werden Cytotoxine, Cytolysine und Hämagglutinine vorhanden sein, welche durch Antikörper gebunden werden müssen, soll das normale Entwicklungsgeschehen eintreten. Auf Grund seiner Vorstellung folgert dann *Demoll* weiter: sind die Eltern verwandtschaftlich sehr weit entfernt, d. h. gehören sie verschiedenen Gattungen oder Familien an, so gelingt die Entgiftung gar nicht oder nur sehr mangelhaft. Das befruchtete Ei entwickelt sich entweder gar nicht oder nur teilweise. Entsteht aber doch eine Nachkommenschaft, so ist sie meist nicht voll lebenstüchtig. Die Schäden treten dann besonders an empfindlichen und wichtigen Organsystemen auf; z. B. am Geschlechtsapparat, wodurch diese Art von Nachkommen steril wird. Am besten wird die Entgiftung eintreten bei Kreuzung verwandter Arten. Wird die Verwandtschaft jedoch zu eng, z. B. bei Geschwistern, so kann der Fall eintreten, daß der die Entgiftung auslösende Reiz zu schwach ist. Die Entgiftung erfolgt nicht oder zu spät oder zu langsam. Die Inzucht schädigt in solchem Falle deshalb, weil beide Keimzellen für einander zu ungiftig sind. Es liegen also „unterschwellige Reize“ vor. Nähern sich die Partner bis zu einer weitgehenden Identität ihres Protoplasmas, so wird die gegenseitige Giftigkeit wiederum so klein, daß sie praktisch nicht mehr in Erscheinung tritt.

Verf. erörtert in seiner Arbeit, an der Hand einer schematischen Abbildung, die soeben entwickelten Gedankengänge eingehend und betont, daß natürlich Übergänge zwischen den Verwandtschaftsgraden und den damit verbundenen Inzuchterscheinungen vorhanden sind. Auch ist der Inzuchtschaden nach *Demoll* nicht spezifisch für die Inzucht; er kann auch sonst bei Zuchten auftreten. Bevor dann *Demoll* in seiner Arbeit seine eigenen Versuche schildert, setzt er sich vor allem mit *Darwins* Ansichten über das Problem der Inzucht kritisch auseinander. Die Versuche *Demolls* bewegen sich nun in folgender Richtung. Verf. ging darauf aus, die Widerstandsfähigkeit der Embryonen gegenüber der unterschwelligen Schädigung zu heben, und zwar experimentierte er mit weißen Mäusen. Auf Grund der Arbeiten von *Gun* (1908) — der die Widerstandsfähigkeit roter Blutkörper gegen Hämolyse durch Arsen steigerte — nahm *Demoll* an, daß überhaupt durch mäßige Arsengaben die vitalen Äußerungen des Plasmas und der Sera gesteigert werden können und daß sich diese Erscheinung auch auf die Embryonen überträgt. Entsprechende Versuche wurden mit Mäusen 2½ Jahre lang durchgeführt. Es wurden ständig Geschwister gekreuzt, und von jedem Paar drei Würfe abgewartet. Verabreicht wurde ein Arsenpräparat der Firma *Fr. Bayer & Co., Leverkusen,* mit 36,4 % Arsengehalt, wobei am Tag 0,0004 mg (!) pro Tier verfüttert wurden. Das Hauptergebnis der Versuche ist: unbehandelte Kontrolltiere degenerierten innerhalb weniger Generationen und starben völlig aus. Bei behandelten Tieren traten keine Degenerationszeichen auf. Die Zahl der Nachkommen im Wurf stieg bis auf 8. — Nach allem folgert *Demoll* 1., daß seine theoretischen Ansichten über das Wesen des Inzuchtschadens richtig sind und 2., daß durch mäßige Arsengaben die schädigende Wirkung der Inzucht beseitigt werden kann. — Selbstverständlich betont Verf., daß mit diesem Ergebnis das Problem der Inzuchtschäden noch längst nicht voll gelöst ist. Es ist aber doch ein Weg gewiesen, auf dem man weiter kommt. Klare theoretische Vorstellungen ermöglichten eine praktische Auswertung. — Welche Ausblicke sich durch die Demollsche Hypothese für die menschliche Hygiene und Bevölkerungsfrage ergeben, bedarf m. E. keiner langen Auseinandersetzungen. *Albrecht Hase.*

Studien über das Gehör der Reptilien. (*Ryo Kuroda* Journ. of comp. psychol. Bd. *3*, Nr. 1, S. 27—36, 1923.) Über das Gehörvermögen der Reptilien liegen bisher nur wenige experimentelle Arbeiten vor. Der Verf. untersuchte eine Schildkröte (Chlemys japonica) und eine japanische Echse (Tachydromus tachydromoides). Die Schildkröte führt ein amphibisches Leben, ihr Hörvermögen wurde daher sowohl in der Luft wie auch im Wasser geprüft — mit durchaus negativem Resultat. Sie reagierten weder auf den Ton einer Signalpfeife, noch auf eine elektrische Klingel, noch auf das Ticken eines Metronoms. Unter Wasser reagierten sie auf den Klingelton auch dann nicht, wenn die Glocke selbst unter Wasser zum Tönen gebracht wurde. Bei solchen Versuchen ist wohl zu beachten, daß die Schildkröten für optische Reize sowie auch (entgegen den Angaben früherer Beobachter) für taktile Reize recht empfänglich sind. So zogen sie auf das Ticken des Metronoms sogleich den Kopf zurück, wenn dieses auf dem gleichen Tische stand und so die Unterlage, auf der sich die Schildkröten befanden, leise erschüttert wurde, während das Metronom ganz wirkungslos blieb, wenn es (in gleicher Entfernung) auf einen anderen Tisch gestellt wurde. Schließlich wurde noch versucht, eine Assoziation zwischen Tönen und Darreichen von Futter herbeizuführen, also die Schildkröten auf einen Ton zu dressieren. Da auch dieses Experiment trotz lange fortgesetzten Bemühungen ganz ergebnislos blieb, kommt der Verf. zu dem Schluß, daß die untersuchte Schildkröte überhaupt nicht hören kann. Das gleiche sollte nach älteren Angaben auch für Eidechsen gelten. Es

gelang aber bei Tachydromus der Nachweis eines Hörvermögens auf folgende Weise: Läßt man das Tier ganz ungestört, so schließt es nach einer Weile die Augen und öffnet sie spontan nur ab und zu in unregelmäßigen Intervallen. Es öffnet die Augen aber sofort, sobald ein Ton erklingt, sei es eine elektrische Glocke, eine Pfeife oder dergleichen. Natürlich war dafür gesorgt, daß der tönende Gegenstand mit der Unterlage, auf der sich die Eidechse befand, nicht in Berührung kam. Mit einer Edelmannschen Galtonpfeife wurde an zwölf Eidechsen der höchste Ton bestimmt, auf den sie noch reagierten. Im Durchschnitt war dies ein Ton von etwa 10 000 Schwingungen in der Sekunde; es ergaben sich aber außerordentliche individuelle Unterschiede (zwischen 4600 und 12 500 Schwingungen).

K. v. Frisch.

Die Abhängigkeit sozialer Insekten vom Nest. (*Wilhelm Goetsch*, Sitzungsber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiol., München, Jg. 34, S. 19—28, 1923.) Die Bienenkenner berichten, daß vom Stock entfernte und in Einzelhaft gehaltene Bienen in kurzer Zeit eingehen, auch wenn sie Honig im Überfluß haben und auch sonst für ihr leibliches Wohl so gut wie möglich gesorgt ist. Sie überleben nicht lange die Trennung von ihren Stockgenossen. Um die Erscheinung, die auch auf gewisse psychische Fähigkeiten hinweisen würde, genauer nachzuprüfen, machte Verf. zunächst an Bienen, Hummeln und Wespen eine Anzahl Versuche. Bienen, allein oder zu zweit in Behältern verschiedenster Art gefangen gesetzt, starben auch unter sonst günstigsten Bedingungen nach 1—5 Tagen. Dabei macht es keinen Unterschied, ob man alte Flugbienen oder junge, eben ausgeschlüpfte Tiere nimmt. Fast ebenso schnell sterben bei Einzelhaft die Arbeiterinnen von Hummeln und Wespen, während sich Tiere der gleichen Art, die nicht auf soziales Leben eingestellt sind (die überwinterten Hummel- und Wespenweibchen, die im Frühling allein zur Nestgründung schreiten) oder nahe verwandte, *einzeln* lebende Formen (solitäre Bienen) unter den gleichen Bedingungen in Einzelhaft wochenlang am Leben erhalten lassen. Zu einer genaueren Analyse der Erscheinung sind wegen der einfacheren Kulturbedingungen *Ameisen* besser geeignet als Bienen, Hummeln oder Wespen. Bei diesen zeigte sich nun, daß nicht das Alleinsein der schädigende Faktor ist, sondern die Unmöglichkeit, den Bau- und Brutpflegeinstinkt auszuüben. Auch einzeln gehaltene Ameisen leben wochenlang, wenn sie Brut zu pflegen und wenn sie Erde zum Bauen haben. Fehlt ihnen eines von beiden, so wird ihr Leben dadurch schon wesentlich verkürzt, fehlt ihnen beides, so sterben sie nach wenigen Tagen, gleichgültig, ob sie allein oder in Gesellschaft zu 2—4 gehalten werden. Als weiterer lebensverkürzender Faktor scheint auf Ameisenarbeiterinnen das Fehlen einer Königin zu wirken. Ob diese Befunde an Ameisen auf die Verhältnisse bei den Bienen, Hummeln und Wespen übertragen werden können, ist mir freilich zweifelhaft.

K. v. Frisch.

Eine Woche bei einer Grabwespe (Eumenide); eine ökologische Studie über die Nistgewohnheiten von Odynerus dorsalis Fab. (*C. H. Turner*, Biol. Bull of the marine biol. laborat. Bd. *42*, Nr. 4, S. 153—172, 1922.) Beschreibung eines Nistplatzes der Grabwespe Odynerus dorsalis. Sie nistet in kleinen Kolonien, und zwar in trockenem, spärlich bewachsenem Boden. Die Nester werden vertikal in die Erde gegraben und enthalten meist zwei Zellen. Jede Zelle wird mit einem Ei versehen; als Nahrung für die Larve werden Raupen (von Hesperiden) eingetragen, die nach Grabwespenart durch einen Stich gelähmt werden. Wenn die Wespe die Nisthöhle gräbt, befeuchtet sie den Boden mit herbeigeholtem Wasser und trägt das ausgehobene Material in Klümpchen fort. An kahlen Niststellen flogen die Tiere mit den Klümpchen fort und streuten sie in der Umgebung aus; an bewachsenen Stellen trugen sie die Klümpchen laufend fort und deponierten sie auf einen Haufen. Dies andere Benehmen war nur auf die Behinderung des Fluges durch den Pflanzenwuchs zurückzuführen. Denn wenn man den Tieren, die an kahlen Stellen nisten, das Abfliegen vom Nest durch ein Maschenwerk von Draht erschwert, nehmen sie bald die Gewohnheit der anderen, unter Pflanzen nistenden Wespen an. Ein wunderbarer Orientierungssinn gestattet ihnen das sichere Auffinden des eigenen Nestes; die geringste Veränderung im Aussehen der Umgebung ihres Nestes macht sie irre. Brachte der Verf. in ein Nest, während die Erbauerin abwesend war, Steinchen oder andere Fremdkörper oder auch gelähmte Raupen, die von einer anderen Wespe erbeutet waren, so wurden diese Dinge von dem heimgekehrten Tierchen regelmäßig entfernt, aber — wie merkwürdig! — Steinchen oder Pflanzenteile deponierten sie einfach in der Umgebung des Nestes, die Raupen aber, die nicht von ihr selbst eingetragen, sondern künstlich in ihr Nest praktiziert worden waren, zerrte sie nicht nur heraus, sondern flog mit ihnen davon nach dem weiter entfernten Feld, wo sie auf eben diese Raupen Jagd zu machen pflegte.

K. v. Frisch.

Zur Lehre von der primären Schädigung des Herzens durch Starkströme. (*Martin Gildemeister* und *Robert Diegler*, Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. Bd. 28, H. 1/4, S. 144—151, 1922.) Nach der Theorie von *Prevost* und *Battelli*, denen sich *Boruttau* angeschlossen hat, ist der elektrische Starkstromtod in weitaus den meisten Fällen ein Herztod (Kammerflimmern). *G.* und *D.* untersuchen deshalb die Frage: Wenn man ein Tier so an eine starke Stromquelle legt, wie es den Umständen bei einem ernsten Unfall entspricht (z. B. Stromzuleitung zu einer Vorder- und einer Hinterextremität), geht dann ein beträchtlicher Stromzweig durchs Herz? Oder schützt der knöcherne, schlecht leitende Thorax einigermaßen davor? Es wurden Tierkadaver (Hund, Kaninchen, Meerschweinchen) vom linken Vorder- zum rechten Hinterbein mit Wechselstrom von 50 Perioden in der Sekunde durchströmt, und es wurde nach einigen Modellversuchen, die die Zulässigkeit der angewandten Methode erwiesen, durch Sonden die Spannung am Herzen und indirekt auch der Stromanteil durchs Herz gemessen und mit dem Körperstrom und der angelegten Spannung verglichen. Es zeigte sich, daß auf das Herz rund $^1/_{30}$ des Hauptstromes und ebensoviel der angelegten Spannung kommen. Da nach *Boruttau* und nach französischen Versuchen 80—100 Milliampere niederfrequenten Wechselstroms für das Gesamttier tödlich wirken, kämen dabei auf das Herz etwa 3 Milliampere. Das wäre mehr als genug zu ernster Schädigung. Die Ergebnisse sprechen also zugunsten der erwähnten Theorie des Starkstromtodes.

M. Gildemeister.

Ber. über die ges. Physiol. und experim. Pharmakol. 1923.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19